序　　言

系统论、信息论、控制论是本世纪四十年代几乎同时诞生的综合性的横向科学。它们从不同侧面揭示了对象之间的相互联系、相互作用，揭示它们之间的内在运动规律。这三门学科从本质上来说都是研究系统的理论。可以简称为系统理论（或广义系统论）。

系统理论的产生和运用，揭示了客观物质世界新的本质联系和运动规律，为现代科学技术的发展提供了新思路、新方法，沟通了自然科学与社会科学的联系。使人们摆脱了传统方法的束缚。摒弃那种把本来是运动着的、活的有机体的动态问题，看成是静止的、孤立的、死的东西；把某些明明是复杂系统硬分解为互不联系的简单系统，企图用简单系统来解释复杂系统的习惯。它如实地把对象视为完整的有机体和复杂系统，找到了解决具有行为目的的通讯和控制系统以及复杂系统的有效方法。成功地把定量分析的方法引入迄今盛行的只进行定性考察的学科中，使科学研究的方法产生了质的飞跃。它适应了现代科学研究从实际事物水平上升到复杂的系统水平的客观需要。它借助于电子计算机这一新工具在现代科学研究和科学管理中日益发挥出重大作用，并为丰富和发展辩证唯物主义提供了素材，它生动地证明：唯物辩证法是唯一适合于现代科学发展的思维方式。有人认为：系统理论是继相对论和量子力学之后，又一次“彻底改变了世界的科学图景和当代科学家的思维方式”。如果说一百年前自然科学中的三大发现（即能量守恒，

细胞学说，达尔文进化论）为唯物辩证法的创立提供了自然科学基础的话，那么在今天，以系统论、信息论、控制论为标志的系统理论与相对论、量子力学一样，为辩证唯物主义的丰富和发展提供了现代科学根据。

我国广大科学工作者、哲学工作者、自然辩证法工作者早就对系统理论进行了许多有益的探讨和实际的应用，并在工作中取得了不少成果。近几年来，经过许多同志进一步深入的研究，在理论和实际应用方面又取得了显著成绩。特别是把系统理论中的科学思想、科学方法总结上升为一般科学方法，尽量与我国社会主义四个现代化建设的客观需要紧密地结合起来，取得了可喜的进步。近几年来在北京市科协负责同志的大力支持下，北京系统、信息、控制科学研究会筹委会仅在 1981 年中就举办了八期三论学习班，向 5600 多名科技人员、管理人员、领导干部作了普及。许多同志经过学习后能联系自己的实际工作，解决生产和管理中的实际课题。为了更好的交流经验，由华中工学院、大连工学院、西安交通大学和清华大学自然辩证法教研室（组）的同志共同发起进行学术探讨。在北京市科协负责同志的热情支持下，与北京系统、信息、控制科学筹委会的同志一起，于 1982 年 7 月 10 至 14 日在北京召开了系统论，信息论，控制论中的科学方法与哲学问题讨论会。来自全国各地的正式代表共 71 名，收到 55 篇论文资料。参加开幕式的列席代表达一千多名。大会由中国科协书记处书记田夫同志致开幕词。特别邀请我国著名科学家钱学森同志作了《系统思想、系统科学和系统论》的长篇报告。邀请国务院技术经济中心王慧炯教授作了《系统论在国民经济建设中的应用》的报告。会议着重围绕三个问题进行了探讨：系统论与信息论、控制论之间的关系；系统论与信息论、控制论中的科学方法及其

在国民经济建设中的作用和意义以及系统论、信息论、控制论与马克思主义哲学的关系。会议本着“百花齐放、百家争鸣”的方针，发扬学术民主，开展自由讨论；与会代表各抒己见，互相学习，互相尊重，团结一致，经过五天的热烈讨论，取得了预期的效果。尽管这次会议准备时间仓促，讨论不够充分，我们的研究水平还不高，有些观点也不一定对，但为了进一步交流思想，还是从中选出一部分论文供同志们进一步研究时参考。由于时间较紧，许多论文都由作者自己负责修改。基本上尊重作者意见，文责自负。欢迎同志们提出不同意见，共同探讨，使研究工作提高到一个新的水平。

魏宏森　82.11.26

目　录

序　言

系统论、信息论、控制论是本世纪四十年代几乎同时诞生的综合性的横向科学。它们从不同侧面揭示了对象之间的相互联系、相互作用，揭示它们之间的内在运动规律。这三门学科从本质上来说都是研究系统的理论。可以简称为系统理论（或广义系统论）。

系统理论的产生和运用，揭示了客观物质世界新的本质联系和运动规律，为现代科学技术的发展提供了新思路、新方法，沟通了自然科学与社会科学的联系。使人们摆脱了传统方法的束缚。摒弃那种把本来是运动着的、活的有机体的动态问题，看成是静止的、孤立的、死的东西；把某些明明是复杂系统硬分解为互不联系的简单系统，企图用简单系统来解释复杂系统的习惯。它如实地把对象视为完整的有机体和复杂系统，找到了解决具有行为目的的通讯和控制系统以及复杂系统的有效方法。成功地把定量分析的方法引入迄今盛行的只进行定性考察的学科中，使科学研究的方法产生了质的飞跃。它适应了现代科学研究从实际事物水平上升到复杂的系统水平的客观需要。它借助于电子计算机这一新工具在现代科学研究和科学管理中日益发挥出重大作用，并为丰富和发展辩证唯物主义提供了素材，它生动地证明：唯物辩证法是唯一适合于现代科学发展的思维方式。有人认为：系统理论是继相对论和量子力学之后，又一次“彻底改变了世界的科学图景和当代科学家的思维方式”。如果说一百年前自然科学中的三大发现（即能量守恒，

细胞学说，达尔文进化论）为唯物辩证法的创立提供了自然科学基础的话，那么在今天，以系统论、信息论、控制论为标志的系统理论与相对论、量子力学一样，为辩证唯物主义的丰富和发展提供了现代科学根据。

我国广大科学工作者、哲学工作者、自然辩证法工作者早就对系统理论进行了许多有益的探讨和实际的应用，并在工作中取得了不少成果。近几年来，经过许多同志进一步深入的研究，在理论和实际应用方面又取得了显著成绩。特别是把系统理论中的科学思想、科学方法总结上升为一般科学方法，尽量与我国社会主义四个现代化建设的客观需要紧密地结合起来，取得了可喜的进步。近几年来在北京市科协负责同志的大力支持下，北京系统、信息、控制科学研究会筹委会仅在 1981 年中就举办了八期三论学习班，向 5600 多名科技人员、管理人员、领导干部作了普及。许多同志经过学习后能联系自己的实际工作，解决生产和管理中的实际课题。为了更好的交流经验，由华中工学院、大连工学院、西安交通大学和清华大学自然辩证法教研室（组）的同志共同发起进行学术探讨。在北京市科协负责同志的热情支持下，与北京系统、信息、控制科学筹委会的同志一起，于 1982 年 7 月 10 至 14 日在北京召开了系统论，信息论，控制论中的科学方法与哲学问题讨论会。来自全国各地的正式代表共 71 名，收到 55 篇论文资料。参加开幕式的列席代表达一千多名。大会由中国科协书记处书记田夫同志致开幕词。特别邀请我国著名科学家钱学森同志作了《系统思想、系统科学和系统论》的长篇报告。邀请国务院技术经济中心王慧炯教授作了《系统论在国民经济建设中的应用》的报告。会议着重围绕三个问题进行了探讨：系统论与信息论、控制论之间的关系；系统论与信息论、控制论中的科学方法及其

在国民经济建设中的作用和意义以及系统论、信息论、控制论与马克思主义哲学的关系。会议本着“百花齐放、百家争鸣”的方针，发扬学术民主，开展自由讨论；与会代表各抒己见，互相学习，互相尊重，团结一致，经过五天的热烈讨论，取得了预期的效果。尽管这次会议准备时间仓促，讨论不够充分，我们的研究水平还不高，有些观点也不一定对，但为了进一步交流思想，还是从中选出一部分论文供同志们进一步研究时参考。由于时间较紧，许多论文都由作者自己负责修改。基本上尊重作者意见，文责自负。欢迎同志们提出不同意见，共同探讨，使研究工作提高到一个新的水平。

魏宏森　82.11.26

系统思想、系统科学和系统论*

钱学森

咱们这个会的名称，看会标共二十七个字之多，所以我想把这个会的名字简化一下，是不是就叫四校三论讨论会？因为好象在座的同志喜欢用“三论”这个名称，控制论、信息论、系统论 。我则不然，我想三还是多了一些，简化一下就叫系统论。实在说，只有一论，即系统论。今天我就是来宣传这个观点，算是百家之中的一家。当然，我是希望大家能同意我的观点，所以今天我讲的题目就叫“系统思想、系统科学和系统论”。

首先我想说明的，就是我能够讲这些东西绝不是我一个人努力的结果，我要讲的这些观点差不多都是跟今天在座的许国志同志讨论过的。和我讨论的还有国防科委的王寿云同志，还有从前跟我共同署名写过文章的，象国防科委情报所的柴本良同志，中国社会科学院的乌家培同志，清华大学自然辩证法教研组科学方法论小组的魏宏森同志、刘元亮同志、寇世琪同志、范德清同志、姚慧华同志、曾晓萱同志在一年多来也和我研讨过多次。其它还有跟我通过信的同志，我自己也数不清有多少，恐怕不下百人，在座的恐怕就有。也就是说，我今天能

---

* 此文是作者在北京系统论、信息论、控制论中的科学方法与哲学问题学术讨论会上的报告。根据录音整理，报告人删补並加注译。

够讲一些东西，都是这么一个集体共同讨论磋商的，是我接受大家教育的结果。我想强调这一点，因为现代科学技术里面，很难说哪一个人能够独立来作出什么贡献，都是集体的；现代科学技术的研究工作都是社会化的。

一、系统思想的发展

我先讲系统思想。系统思想的由来已久。一个人在实践当中，认识一点客观事物，他总要想把这些事物联系起来看。在古代，人们有天神主宰的观点。老天爷、玉皇大帝，又是什么这个神那个神，也能说明一点观察到的自然现象，这也是系统啊，只不过是神话的系统就是了。当然是不科学的，是想象的。到了后来，觉得这个神、那个神、不好，神灵主宰不好，于是把神灵从系统当中清除出去，这大大地前进一步了。但是，这样一个系统里面还是有很多臆想的东西，或者说是自然哲学式的，自然哲学式的系统，也就是说，事实有的掌握了，有的不掌握。不掌握的部分，空着，联不起来。要把它联系起来怎么样呢？就加一些臆想的东西，这就是自然哲学。在座的不知道有没有中医？我说中医理论就是自然哲学式的东西。这个理论是很好的，很完整的一个系统。但里面包括了很多想象的联系，实际上是不是那么回事？还需要研究。不是说中医要现代化吗？我看这个现代化就要在这个问题上做工作。中医理论有近两千年的历史，但它还不是科学的。

到了十六世纪，资产阶级开始出现在历史午台上。这个时候兴起了近代自然科学。近代自然科学，它是要排除那些臆想的东西，一定要把事情刨根问底搞清楚。从整个的系统来考查，很困难，一口咬不下，所以就把事物分解开，一点一点来啃。

这就是把复杂的、整个的系统分解开，分解成一部分一部分；然后研究这一部分。然后可能觉得还太复杂，再分解、再分解，这样一种工作方法是近代科学的工作方法。或者有人说这就是还原论。与此同时，还有机械唯物论，是唯物的，但是跟还原论比较是机械的唯物论。这些词还原论也好，机械唯物论也好，今天我们听起来不太好。因为我们讲究整体观，我们讲究辩证唯物论。但是我也必须说，在近代自然科学兴起的时候，出现这样的近代科学研究方法，还是一个进步。因为不这样办，研究事物就不可能前进。这是进步，不是退步。这一点恩格斯曾经说得很清楚，他高度评价了近代科学兴起以后的这一些科学方法。这大约是三、四百年前的事。

大约到了一百年前，恩格斯说："一个伟大的基本思想，即认为世界不是一成不变的事物的集合体，而是过程的集合体。其中各个似乎稳定的事物以及它们在我们头脑中的思想映象即概念，都处在生成和灭亡的不断变化中。在这种变化中，前进的发展，不管一切表面的偶然性，也不管一切暂时的倒退，终究会给自己开辟出道路"。(注1)这是恩格斯在《路德维希·费尔巴哈和德国古典哲学的终结》这篇论著里的一段话。我认为，这就是现代的科学的系统思想，马克思主义哲学的系统思想。这个简单的回顾，包含两千年的历程。正、反、合。原来是有系统思想的，但是不那么科学，是自然哲学式的。到了近代自然科学兴起了，需要科学化了，暂时又不得不搞还原论，搞机械唯物论。最终到了马克思、恩格斯，建立了马克思主义哲学。这个时候又最后综合起来，变成了现代的科学的系统思想。这样来回顾一下系统思想在历史上的发展，实际上也是哲学发展到辩证唯物主义这样一个过程，这对我们考虑问题是有用的。

但是真正照着恩格斯的话去做，也是很不容易的。恩格斯自己就在上面引的那段话的后面接着说：“但是，口头上承认这个思想是一回事，把这个思想具体地实际运用于每一个研究领域，又是一回事”。（注2）这话说得很好。事实也是这样，恩格斯指明了现代的科学的系统思想。但是人们真正按照这个去做，很长一个时间还没有做到。实际上，真正用现代系统的思想去解决现代的问题，又经过了差不多半个世纪。是战争的需要促进了科学技术的发展。在第二次世界大战当中，由于现代化战争的需要，出现了 Operations Analysis，运筹分析，后来又叫Operations Research 运筹学。又出了系统分析，System Analysis。后来又出了系统工程Systems Engineering。还有管理科学Management Science，这些词是非常之多的。有些时候用词用得也很怪，联合国科教文组织在奥地利维也纳郊区有一个专门的国际研究所叫 IIASA，就是国际应用系统分析研究所。我当时看了发笑，系统分析就是应用的嘛，还有什么“应用的系统分析”？简直胡来！在四十年代，五十年代，六十年代，七十年代一直到最近吧，恐怕在国外这种词多极了。简直是一片混乱，爱怎么叫就怎么叫。我看见一个有意思的事。西德是用德文的，德文里公司叫 Gesellschaft。但是有一个公司，叫 Systems Engineering Gesellschaft，是德文的公司，前面加的 Systems Engineering 又是英文的，英德合一！乱嘛，也说明是兴旺发达，也就是真正把系统的思想应用在军事上，运用在经济问题上，运用在社会问题上，做了大量的工作。系统思想经过两千多年的演变，最后到一百年前，恩格斯把它明确了，成为真正辩证唯物主义的、科学的、现代系统的思想。然后又经过了半个多世纪，才真正实际上应用来解决具体的问题。但是又出现了词句上的混乱。

二、系统科学概念的形成

（一）系统工程和运筹学

下面我就来讲讲我自己这几年来学习这个问题的经过。老老实实地给同志们汇报我是怎么走过来的。要说到粉碎四人帮之后，在 1978 年 4 月份的时候，我收到许国志同志的一封信，它给我很大的启发。他说外国人用词实在是五花八门。就他看，不管怎么说，实际上，是不是可以称为系统工程。就是把用系统思想直接改造客观世界的这些技术，通通称作系统工程。直接为这些工程技术一系统工程服务的一些科学的理论，是不是可以用运筹学这个名字。我当时读了他的这封信就感到很高兴。因为许国志这封信清理了外国人用词的混乱。归纳了一下，两个层次：一层是直接改造客观世界的技术，是工程技术；还有一层是为这个工程技术直接服务的一些理论科学。1978 年 4 月份给我的信。1978 年 5 月 5 号是马克思生日，我们国防科委开始举办科技讲座。那一天是科技讲座的头一次。军队里老的习惯，头一次要负责同志讲，结果找了朱光亚同志和我两个人讲。那个时候实际上我并没有搞得很清楚，光是看了许国志同志一封信。我的题目就是《系统工程》。没想到，我讲的受到欢迎；当天，在那儿听的就有张爱萍同志。他是国防科委主任，又是总参谋部的副总长，前几年他还是国务院副总理。他听了就说："好啊，是应该这样做。"还有现在在海军工作的李耀文政委，那个时候是国防科委政委。他听了也说好。咱们办个系，就搞系统工程。这二位领导支持这个工作。五月五日晚上我就出差到西南去了。头一站跑到成都，省委要我讲讲现代科学技术，杨超同志主持。讲什么呢？我心里想的

就是系统工程，就又讲了系统工程。第二次讲得略为系统了一点。后来再一站就跑到昆明去了。云南省委一听说四川省委让我讲过，又让我讲。我在昆明还是讲系统工程。这一次又比前一次稍为好一点了。到了昆明这个时候，基本上就是那个模子。讲的用系统思想直接改造客观世界的技术，这是系统工程。系统工程又有各种门类。为这些系统工程服务的理论科学是运筹学。这个想法大致就形成了。我跑的最后一站是湖南长沙国防科技大学。那时国防科委刚接管国防科技大学正要把国防科技大学调整一下。我就借这个机会，照李耀文同志五月五日说的，要办一个系，叫做系统工程系，就是这么一个过程。后来我与许国志同志，王寿云同志写了一篇文章，登在一九七八年九月二十七日的文汇报上。（注3）这就是我学习这个问题的头一个阶段。

但这时，我总觉得不太满意。从自然科学发展来看，自然科学先有基础科学理论，有物理、化学、数学、天文学、生物学，这些都是比较老的。恩格斯所说的基本的自然科学就是指这些基本科学。恩格斯的那个时代还没有提我们说的工程技术，这是很自然的。因为在那个时候，大量的搞工程技术的人并没有学多少科学技术，都是技工学校出身的人。在一百年前才开始有大学程度的工程技术学校。象美国的麻省理工学院，是大名鼎鼎的。当时恩格斯没有提工程技术，是很自然的。工程技术作为科学技术的一个组成部分，出现在上个世纪末本世纪初，这是用自然科学的基础理论，实际改造客观世界。到了本世纪二十年代，又出了一个中间的层次，叫做技术科学，直接为工程技术服务，作为它的理论。但比起基础科学来，强调应用性，我们叫应用基础。然后是实际应用，就是工程技术。现在在自然科学里头，这三个台阶是很清楚的。到了系统工程这

个领域，我就觉得没有这三个台阶了。许国志、王寿云同志和我写的那篇文章中只有两个台阶。一是直接改造客观世界的系统工程；再一个是它的理论—运筹学。并说到进一步发展也要用到控制论、信息论。我所说的这个控制论，在我脑子里头是很具体的，就是我所写过的那本《工程控制论》那种类型的控制论。我说的信息论也是比较具体的，就是工程师为了设计通讯系统所搞的那些理论，就是香农那样的信息理论。这在我脑子里头跟运筹学都是一样的，都是技术科学。所以只两个台阶，还缺更高的一个台阶。

（二）系统的基础科学—系统学

这样就是两个台阶。比较起自然科学来讲总觉得缺一个台阶。在技术科学上头还有一个更基础的理论。脑子里觉得应当有，但是是什么呢？又说不出来。1979 年 11 月 10 号，我在《光明日报》写的那篇文章（注 4），实际上是 1979 年 10 月份在北京开的系统工程讨论会上我的一个发言。在那里我就提出来，缺一个台阶，也就是更基础的理论，但不知道是什么。那时候随便说了什么“理论运筹学”呀，“理论控制论”呀。老实讲，不知道是什么东西。但是，基本的思想呢，就是说系统的思想要建立起一个完整的科学体系，就是系统科学。这个系统科学里头有三个台阶。一个是直接改造客观世界的，即系统工程。还有中间的一个技术科学的台阶，这个好象比较清楚了，就是运筹学。还可能有控制论、信息论，就是作为技术科学的那个控制论、信息论。当然，根据不同的系统工程对象还要引用一些其它科学，比如工程的系统，那当然还要许多工程的知识，讲经济的系统，还要许多经济的知识。但是，就系统科学本身来讲，两个台阶。还有要建立的一个台阶，即

基础理论的那个台阶。提出来了，但不知道怎么弄。所以，1979 年 11 月 10 日在光明日报的文章我冒叫一声，要建立系统科学。倒底怎么建？我也不知道怎么建。那个时候呀，有点苦恼。就是说，话是说出去了，但不知道怎么办？

在这一时刻还要感谢许国志同志。他给我寄来一篇纪念一般系统论的大权威贝塔朗菲的文章，（注 5 ）是罗森写的，这个才给我开了窍。大家知道贝塔朗菲是本世纪三十年代奥地利生物学家。他不满意这个世纪以来生物学的发展。他说生物学完全走的是还原论的这条路；研究越来越细，一直研究到分子，叫分子生物学。学问是多极了。但是最后说到生命现象到底是怎么回事，好象越来越渺茫。研究得越细，对整体越说不清楚。所以，贝塔朗菲就提出来，是不是要朝另外一个方向看一看，他提出了系统的思想。当时他提出来的还不是一般的系统论，提的是叫理论生物学。这下就给我提了个头。哟！还有个生物学家在那里做了那么多工作。提出来还原论的这条路子不太好，要考虑整个系统。这对我启发很大。于是去找了贝塔朗菲的这书，《一般系统论》（注 6 ）来看。看了这本书呢？老实讲，又不太满意。这位先生提了一个很好的意见。但是，空空洞洞。他这个一般系统论，什么都可以适用。生物不成问题，社会也能讲，经济也能讲，但他都没讲清楚。他的书里头引出了比利时的一位名家，就是普里高津。一说普里高津，我想起来了我曾在五十年代对他发生过兴趣。因为那时，我要搞力学里头的各种输运过程，读过普里高津的所谓非平衡态热力学。贝塔朗菲说系统和普里高津有关系。于是赶快把普里高津的书找来读，才知道普里高津后来对非平衡态热力学又有所发展，从这个稍有一些不平衡的热力学转到远离平衡态的热力学，而且还提出来所谓耗散结构的理论。把书找来看看以后，

觉得普里高津的耗散结构，确实比贝塔朗菲的一般系统论进步了一点，总是有点方程式，定量化了。还说出了点道理来，但满意，又不满意。

为什么呢？这要从往事说起，我记得五十年前在上海交大学热力学的时候，总觉得不太痛快。老师给你讲，什么温度，什么熵，你不承认也不行。人家都是证明熵不能减小，只能增大。但是，我当时作为一个年青学生就有点莫测高深。熵到底是什么？说不清楚。我后来当研究生。我原先是学工程（机械工程），当研究生就得学点物理，学物理就要学统计力学（统计物理）。经典热力学是讲宏观的学问，但要知其所以然，就得深入到微观。热力学的微观基础还是分子和原子的运动。你完全可以从千千万万个、亿亿万万个微观世界的分子原子的运动，推导出经典热力学的这些规律。我一学到这儿高兴极了。我从前学的那个热力学的神秘被揭开了。有这一段经验，到了1980 年初左右，我觉得问题好象是一样的，也就是普里高津是比贝塔朗菲进了一步。但没有进多大，问题还是没有得到解决。所以到这个时候已经到 79 年年底了，正好在 80 年年初的时候，我接到一个通知，全国在生物学里搞理论的，特别是关于生物学里的有序化问题研究的，要在北京开一个小型的座谈会。给我发了通知，我就很高兴地去了。觉得应该向生物学家学习，因为生物学家好象有发展。在通知上看，还有几个讨论题目。一个题目是普里高津的理论，这个我还领教过；还提到一个哈肯的理论，我赶快找哈肯的书（注 7）来看。一看高兴极了！哈肯的工作，哈肯用统计力学的办法，来解决复杂系统的有序化问题。他严格证明，在一定条件下，这个有序化的出现，是不可避免的。而且条件是讲得非常清楚的。用的理论就是统计物理，是很严格的理论。我这一下可高兴极了。这就

是说有序化这个过去好象很神秘的现象，它的出现，完全是有理论根据的，而且必然出现。哈肯说，激光也是从无序到有序的转变。他说的这样精确，激光一定要有足够多的分子共同参加才能出现。少一个不出现，够了这个数非出现不可，同志们，科学的理论，说到这样一个清楚的地步，真是科学。我们掌握了这些道理，高兴得很。

带了这个心情，去参加刚才说的小型的讨论会。因为当天下午还有别的事，我要求允许我头一个发言，发完言就走。主持会议的同志允许了，，叫我第一个说。我一发言，把我刚才的一套话说了。我也说了贝塔朗菲是有功劳的，但是我不太佩服他。普高里津是大科学家，得了诺贝尔奖金，但是我对他的看法也不太怎么样。而这个哈肯说的，我才觉得是真正叫科学。说完了这一通，旁边的一位同志要说话，我也不认识他是谁。一位主持会的同志给我介绍，说他是北师大的方福康同志，刚从普里高津那里回来得了博士学位的。我心想坏了（大笑）。幸好他说："我完全同意你的观点。实际上，普里高津自己也完全意识到这一点，他已经和哈肯的观点完全一致了。（因为他们很近，一个西德，一个比利时，经常在一起讨论的）。我想这好了（笑声）。所以，方福康教授所传来的信息，科学这个东西，不能含糊。对就是对，不对就是不对。善就是善，好就是好。好的东西终究要为大家共同认识。我这个姓钱的，远隔万里，也没有见过普里高津教授，也没有见过哈肯，我在这里放炮，我这个炮居然和他是一致的。所以科学毕竟是科学。这样一个经历，对我教育很深，使我有信心说系统科学完全可以搞起来。

这样，再往后到 1980 年 11 月份。经过几个月了，我把前面讲的生物学理论会通知单上第三个人，即艾肯的论文（注

8）弄来看了一下。艾肯把达尔文的生物进化论，完全放在分子生物学的科学基础上，用系统的观点来解释。那是地地道道的。在那以后，又看了一些东西。如微波激励细胞分裂。那末，这和激光现象中临界值可以引起突变是完全一致的。做这个工作的又是一位西德人，叫佛莱律希（注9）后来还有两位苏联科学家，斯摩良斯卡娅，维林斯卡娅二位，（注10）做的也是这一类工作。

有这些东西以后，到了11月份系统工程学会成立大会，我觉得系统科学完全可以建立起来。系统科学的第一个台阶，是直接联系改造客观世界的，这是系统工程。这是大量的实际工作。它的作用，意义是毫无疑义的。象我们这些人，搞大型工程搞了二十多年，就是用系统工程的方法来做的。不用系统工程的方法，就没有法子组织那样大的工程。所以实际的应用是毫无疑义的。这种实际应用，还要有科学的理论—运筹学，以及作为技术科学的控制论，信息论。这个台阶也是很明确的。经过这一年的努力，先是从许国志同志送来的一篇论文中得到启发，后来我又向几位同志请教，看书才明确了，这第三个台阶就是系统科学里面的基础理论。这个时候，我才敢把它叫做系统学。（注11）这个系统学是完全有条件把它建立起来的。

但这都是讲有序化，讲从无序可以到有序。到了去年年底，今年年初，又给我提出问题来了。碰到一篇东西（注12），一看，有兴趣 再看下去，兴趣更大，觉得与系统学很有关系。这是一个什么问题呢？在非线性的系统里头，还有这么一个可能性，就是有序也会变成无序，变成杂乱。这问题是反过来了。这一项工作呢，实际上也做了好多年了。不过我没发现就是啦，孤陋寡闻吧。这原来是从生态学里头搞的工作。发现非线性的差分方程里头有一个参数，这个参数一到接近于临界值

的时候，一下子出现了许多紊乱的现象，这样的现象，搞流体力学气动力学的人是很清楚的。在流体力学、气动力学中有这么一个现象，就是从层流到紊流或湍流。这么个现象，在流体力学里头，这个参数叫雷诺数。简单的讲，假设流体慢慢地流过一个物体，那末，这个流动是有序的；假如流速增加，到了一定数值，稳定的、平稳的流动不可能持续下去。就要发生紊乱的流动，叫紊流，或者叫湍流。现在做这项工作的人叫费根巴姆（注 13），是美国人。在美国原子弹研究所工作。这个人把这方面的工作捏在一起了。提出所谓费根巴姆数。就是有一个邻近紊乱出现以前的一个有普遍意义的常数。这个数是 4.66920166……，算得很精的数。与圆周率 π 有类似的普遍意义的一个数。这是从有序转向紊乱情况时的一个关键数。我一看见这个工作，高兴得很啦，又丰富了我们的认识。从杂乱可以到有序，现在从有序又可以转到紊乱。这对我们系统的设计思想是很关键的问题。现在，我有一个猜想，公之于众，也许是不对的。这个猜想是什么呢？就是如果一个系统出现了从有序变到紊乱的趋势，我有办法治它。怎么治？就是把系统的联系切断几点，那就好了。原系统是按层次来组织的。如果要出现紊乱了，你就截断系统的某些联系，即增加层次，就可以防止紊乱的出现。这是我的猜想，“钱学森猜想”，也可能不对啰（笑声）。这是不是值得研究的问题？

同志们，我在这里引用的构筑系统学的建筑构件都是国外科学家们的工作。难道就没有可用的中国科学家的工作吗？当然有，我不知道罢了。我最近才知道北京大学廖山涛同志的微分动力体系理论（注 14）是和系统学密切相关的。到了现在，也就是差不多经过四年的时间，我对于系统思想、系统科学的认识，就是这么一个经历。同志们可以听得出来，这不是

我一个人的工作。那首先是世界各国人的工作，再有我也得到许多人的启示、帮助，然后我才有可能认识这些。

（三）系统论是系统科学到马克思主义哲学的桥梁

我现在的认识，就是在《哲学研究》今年第三期的那篇文章（注 15）讲的。系统科学里头包括三个台阶。最高的台阶就是系统学。系统科学总的还要联系马克思主义哲学，因为马克思主义哲学是人类认识的最高的概括。这个从系统科学到马克思主义哲学的桥梁，我把它叫系统论。所以从刚才一大段话里可以看出来，我为什么讲是一论，而不是三论。为什么呢？控制论、信息论是客观存在的。但是，我的认识呢，认为控制论、信息论是技术科学。作为联系马克思主义哲学的桥梁的，是系统论。这也许是我们国家的用词的问题。其实，从前要不译"控制论"而译成"控制学"，这个问题也许就解决了。如电子学一样，叫控制学。结果译成"论"，这就有点弄糊涂了。信息也叫论。其实，是"信息学"。我讲的这个系统论里头，当然要包括信息和控制这两个概念。因为一个大的系统，当然要有控制呀。要控制，就有相互之间的信息传递，那就是信息嘛。所以，系统论作为系统科学到马克思主义哲学的桥梁，当然包括控制和信息这两个概念。我看了一些我们这个会议的论文。其中有两篇，一是大连工学院刘则渊同志和王海山同志的《略论辩证的系统观》。再就是核工业部姜圣阶同志、张顺江同志、熊本和同志和严济民同志的《关于科学方法论基础的研究—辩证唯物主义与系统论、信息论、控制论》。他们也都阐明"三论"的统一，统一在"系统"。中国社会科学院哲学所查汝强同志在讲二十世纪自然科学四大成就丰富了辩证自然观的时候（注 16），也把"三论"作为一项大成就，而不是分开讲。你会

问为什么不起别的名词？怎么起别的名词，这是个系统科学嘛。找到马克思主义哲学的桥梁，当然只好叫系统论啰。看看这个道理到底站得住，站不住？作为有很大成就的科学家维纳和香农，如果他们还活着，面对今天系统科学发展的情况，他们也会同意三归一，叫系统论。因为我们的这个系统论不是贝塔朗菲的"一般系统论"，比一般系统论深刻多了。所以我们统一于一个系统论。可以说，对维纳，对香农，对贝塔朗菲都是公道的。因为这不是一个普通的问题，应该讲清楚。所以，今天我又用这一段时间再跟同志们说明，为什么我这样想的。请同志们考虑考虑。

我认为当务之急是把系统科学搞起来。我老跟很多同志宣传，当务之急是把贝塔朗菲、普里高津、哈肯、艾肯，费根巴姆、廖山涛、以及其他我还没有提到的人的工作收集起来，组织起来，构成系统学。这是当务之急。当然也许在座的同志的兴趣不在此，而在系统论。系统论是系统科学到马克思主义哲学的桥梁，系统论的产生需要概括整个系统科学的成果。第三个台阶，系统学还没有搞起来，就要跨第四步了。稳不稳啊？摔不摔跤子？当然我们现在对于系统科学的认识已经不少了，不能说我们不能够运用这个系统论概念去推动我们的工作，那样就太保守了。我们还是可以用系统论里的思想来推动我们的工作。我下面主要讲这个问题。讲这个问题也是向同志们汇报我怎么想的。

三、运用系统论来建立精神财富的体系

（一）现代科学技术的体系结构

问题从科学学讲起，从现代科学技术的体系讲起。最近我

还把它扩大了，包括文学，艺术。文学艺术有一个相应于科学学的，叫文艺学。这两个大部分，现代科学技术和现代文学艺术，都是我们人在实践中认识客观世界的结果，都是我们建设社会主义的精神财富。最后都要概括到马克思主义哲学。这个是什么意思呢？这也是系统，大的系统。我考虑这个大系统，也是用了系统的思想，用了系统论里的一些东西，用了系统科学里的一些东西。这就是说，尽管系统论在今天一下子要把它说清楚还很困难，但是这个题目是要研究的。而且研究这个题目的同时，还有具体的应用。

人通过社会实践，认识客观世界这个体系，才有了现代科学技术。对这个问题，我从前写过一些东西。总的我认为，现代科学技术，不是象我们过去常常说的好象是自然科学、社会科学，而是六个大的部分（注 14）。就是自然科学，社会科学，再有原来数学包括在自然科学里头。但是，现在数学在社会科学也要用，再包括在自然科学里就不合适了，应该拿出来，叫数学科学，这就有三个啦。还有三个呢？是我老宣传的，是系统科学。刚才说了半天了，还有思维科学和人体科学。所以六个大部门：自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学。这每一个科学技术部门里头，都有三个台阶：一个是直接改造客观世界的学问，工程技术类型的；再一个是为工程技术提供理论的，一般性的学问的，叫技术科学；然后，再高一点，就是基础科学。然后有个最高的台阶，就是通过一个桥梁到马克思主义哲学。这里要说明的是这么一个问题。

在以前，我们的一种习惯看法，好象自然科学跟社会科学不同，研究的对象不一样。自然科学是研究自然界的，社会科学是研究人类社会里面发生的问题的。我现在提出一个新的观

点。我为什么这么提？这里首先有一个想法，现代科学技术是一个整体，不是分割的。整体在那里？整体在研究对象是一个客观世界。而我们把它分成六个部门，这不是把整体的客观世界分成六大片。不是这个意思，而是研究整体客观世界。从不同的角度，不同的观点去研究客观世界。这么一个思路，我也是得启发于系统论。整个客观世界是一个整体。这个恩格斯早就讲了，这不是能够分开的，那么你分成六个大的现代科学技术部门，不能切，唯一的办法，只能从不同角度去研究它。自然科学是从什么角度去研究客观世界呢？我在这篇东西里都讲了。我认为自然科学，就象恩格斯在一百年前提出来的《自然辩证法》里面的一个中心思想，就是研究物质在时空中的运动，这是第一点；第二点是物质运动的不同层次；第三点是不同层次的物质运动的相互关系。从这么一个角度去研究整个的客观世界。因为自然科学并不是研究自然的东西，现在是研究很多人为的东西了。我还举了一个例子，比如一个自然科学家到一个机械制造厂去，他不会着眼于厂的什么财务，经济管理，经济情况，而是把工厂看作一个材料的流动、切削、加工的场所。研究它的能源消耗，机械磨损等等。研究这些，他从他的角度去研究，这是自然科学家的。再说一件事，因为研究运动，物质的运动，那么这里面就有三个东西是最基本的。就是时间、长度和质量，我们叫量纲。这三个东西是基本的。凡是以这三个东西来研究客观对象的，我看就是自然科学。而且这个概念是非常有用的。我可以举个例子：比方万有引力常数、质量、光速这三个东西有它自己的量纲，但是这三个东西组成不了一个没有量纲的量，还缺一个，缺的这个东西就是黑洞的半径，就是相对于那个质量的黑洞的半径。怎么能这样简捷地得到这个结果？有的同志觉得很吃惊，说我怎么没想到啊，因为你没有

从那个角度去看这个问题。所以，什么叫自然科学？自然科学就是从物质运动、物质运动的不同层次、不同层次之间的关系，从这个角度来研究客观世界的，就叫自然科学。

那么什么是社会科学？社会科学就是研究整个客观世界。但是它的着眼点，它的角度是研究人类社会的发展运动、社会内部的运动，研究客观世界对人类社会发展运动的影响。总而言之，它的着眼点是人类社会。我说它是研究整个客观世界的。也许有的同志说，你的这个话吹得太远了，现在人类社会也不过是地球嘛，你怎么想到整个客观世界去啦！还包括天上的星星，其他东西啦。我说你别着急嘛，在几百年前，我们的祖先还是讲什么叫社会呀，社会是天圆地方，这么一块豆腐干似的小地方叫它社会。现在这个社会已到了全球啦。前几天美国人还发射了航天飞机，苏联也不甘心，还要到天上建立空间站，现在已经到了天上了。将来还要跑得远一点，再跑得远一点就是整个客观世界。所以，社会科学并不是限于哪一面，也是研究整个客观世界。不过它的着眼点是人类社会发展运动，社会的内部运动，研究客观世界对人类社会运动发展的影响。

第三、数学科学。它研究的对象是广泛的，我看这一点是没问题的，恐怕在座的都说数学哪儿不能用哇。问题是数学科学到底是从什么角度去研究整个客观世界这么一个问题。对这个问题，中国科学院计算技术研究所的胡世华同志有文章讲过，他说数学就是从质和量的对立统一，质和量互变的这么一个着眼点，从这么一个角度去研究整个客观世界。我看这是对的。胡世华同志也说了，对这样一个说法，他自己还要继续研究下去，还要补充，还要发展。那好嘛。但是，数学从这么一个角度去研究客观世界，这是明确的。

第四，系统科学。这个不要讲了，刚才已经讲过了。从

系统的观点去研究整个客观世界。

再下面一个就是思维科学，那么思维科学是由怎样一个角度去研究整个客观世界呢？我觉得思维科学的目的，就在于要了解人是怎么认识客观世界的。人在实践当中得到的信息，是怎么在大脑中贮存加工、处理，成为人对客观世界的认识。所以首先是因为这样一个目的，思维科学所要研究的对象也是整个客观世界。角度就是从认识客观世界的过程，思维的过程，这样一个角度去研究这门学问。

那么最后一门就是人体科学。人体科学怎么变成研究整个客观世界呢？这就是因为人体科学的中心目的就是认识到人的存在与整个客观世界有千丝万缕的关系，不是单独的一个人存在。这样一个认识，实际上在中国是很古老的。现在就是要吸取中国古老的这些正确的东西来加深我们对于人体 科 学 的 研究。所以，人体科学就是从研究人与客观世界相互作用这一点去研究整个客观世界，包括人在内。

所有这些，就是最近我对于现代科学技术体系 的 一 个 认识，这是从客观世界是一个整体得到启示的。所以，六大现代科学技术部门都是研究整个客观世界的，不过是从不同观点、角度去研究。

剩下来一个问题，就是从这六大部门还要概括到马克思主义哲学，这就需要通过桥梁。这个桥梁有系统论，是系统科学的。其他几个好说，比如自然科学到马克思主义哲学的桥梁就是自然辩证法。我这个说法也许就是狭义自然辩证法，我是主张狭义的。因为具体一点，要不没边没沿的；都是自然辩证法。最近看到航空工业部诸声鹤同志写的一篇讲自然辩证法的性质和任务的文章（注 17），感到他把为什么应该是狭义的道理讲得比较清楚了。社会科学到马克思主义哲学的桥梁就是历史

唯物主义。数学科学呢，这个名字是山西大学个一同志起的，叫做数学学。我说也可以吧，叫数学学。就是把数学科学最概括的质跟量辩证统一等等，这些东西概括起来，就叫数学学。思维科学，到马克主义哲学的桥梁，当然是认识论。那么人体科学呢？我认为整个的要害就在于人跟客观世界的统一这一点上，我给它起了个名字叫人天观。有一点古典的味道，实际上也很现代化，这个人天观在国外的一些宇宙学的科学家里面已经用了，还有一个英文的词叫 Anthropic Principle，我们有的同志给它翻作是什么"人择原理"，我说是不是叫"人天观"，或者"观"不好叫人天论。总而言之，就是人和客观世界的统一这么一个论点上去考虑人。

以上我是用了我对于系统的认识，对于系统科学的认识，对于系统论的认识，来组成了这么一个现代科学技术结构。六大部门，横的是三个大层次，最后第四个层次到马克思主义哲学。

（二）文学艺术的体系结构

还有一个大的范围，就是文艺，文学艺术。我说文学艺术也可以分六大部门。（注 18）一个大部门就是小说，杂文这一类，这是以文字的陈述为表达手段的，长篇、中篇、短篇、报告文学、章回小说、杂文什么都在内。第二部门是诗词、歌赋，也可以包括群众性创造的顺口溜，还有我们同志爱哼哼的不太文雅的打油诗，都可以。这些陈述的东西比较少，是用传神的办法来表达的。第三个大部门叫做建筑艺术，或者叫建筑园林（注 19）。我看这一点我们国家是了不起的。我认为这个部门里头，建筑园林，小的可以是盆景，就这么大，这是最小的吧。再大一点，苏州人有叫苏州窗景的，窗子外面布置的

景色这个就是大一点，有几米大。再大一点的层次就是庭院的园林了。苏州的拙政园、留园啦，这个大概是几十米到几百米。再上一个层次大一点就象北京北海、颐和园啦，有几公里啦。再上第五个层次，更大一点，风景区、太湖，黄山，那恐怕是几十公里。还有更大一点，有没有，也许还有。将来我们国家还要搞更大一点的风景游览区。美国人叫做国家公园，很大一块地方。所以建筑园林在我们国家最丰富。可能有六个大层次。要是盆景，你就坐那儿看，神游；要是个窗景，你就得迈迈步了，移步看一看；要是大的游览区，还得坐汽车。所以这第三个部分就是建筑园林。第四个大部分呢？就是书画整型艺术。这个在我们国家也有小有大。小的可以在一颗米上画，大的象四川乐山大佛，这也是非常丰富。第五个部门是音乐。第六个部门是综合艺术。就是戏曲、戏剧、电影、午蹈。中国有京剧，沪剧、越剧、相声、说唱、电影、电视，当然归到这个部门里头了。

所以文学艺术，我也大胆地归了归类，也有六个大部门。有没有台阶，反正我还是那套系统办法。六大部门分了还有没有台阶？有！毛主席在延安文艺座谈会上的讲话里面就讲了，乐曲中有群众性的叫《下里巴人》，高级的叫《阳春白雪》，这两个早就有区别的。《下里巴人》是大家都懂得的群众性歌曲。《阳春白雪》是高级的，能够唱的人就比较少了。所以，台阶是自古就分的。我想无论是哪个部门都有这样的台阶。群众创造的，就是最接近群众的，这是普及类型的，是普及艺术的一个基础。然后从这里提炼可以到一个更高的台阶。那么现在我也是老实地讲，到底有几个台阶？咱们大家研究，我还说不清楚。我认为反正不只两个台阶，不能光说是一个低台阶、一个高台阶就完了。

在这儿我提一个观点，认为文学艺术里面这个高的台阶，或者说是最高的台阶，是表达哲理的，是陈述世界观的。这样的文学艺术，举简单的例子，诗词里面就有嘛！我们唐代的大诗人李白到他最后这一年有一首长诗，叫《下途归石门旧居》。这首长诗实际上是讲哲理的，讲他的世界观，因为里面有这样的句子："如今了然识所在"，这个意思就是想他的一辈子，在那样一个社会里头，李白有他的社会位置，他从前没有识破，现在识破了。这个是人一辈子认识的最后总结。所以那首长诗最后一句是："向暮春风杨柳丝"，以此来寄托他的感情，所以它是一种哲理。我国宋朝女诗人李清照大家都知道，她写的一首诗叫"夏日绝句"，这首诗总共就四句："生当作人杰，死亦为鬼雄，至今思项羽，不肯过江东"。在这四句中，有她的人生观，宇宙观。我们的诗词中，这样高级的东西很多。云南昆明大观楼上的长联的下联完全是一种人生观。这联叫"数千年往事注到心头，把酒临虚，叹滚滚英雄谁在。想汉习楼船、唐标铁柱、宋挥玉斧、元跨革囊，伟烈丰功，费尽移山心力。尽朱帘画栋，卷不及暮雨朝云；便断碣残碑，都付与苍烟落照。只赢得几杵疏钟，半江鱼火，两行秋雁，一枕清霜。"以上这些不是简单的感情，而是他的人生观，世界观。拿音乐来说，著名音乐家贝多芬的第九交响乐就是反映他个人的世界观，讲他对人类社会的希望。还有他的弦乐四重奏 OP. 111，这些作品中所反映的就不是一般的音乐。

所以在文学艺术领域中，我认为有这么一个层次。这个层次是相当高的，是哲理性的，陈述世界观的。所以，这些都可以进行研究。就也是文学艺术，是不是这六个大的部分，而且有不同的层次。最接近群众性的，群众创造的那些东西是一个台阶。然后有更高的一个台阶，在这个台阶上还有一个台阶

（也许是最高的一个台阶），我认为这是文学艺术里面讲世界观、哲理的，最后它还是要到达马克思主义哲学的，因为文学艺术也是人类的社会实践。那么怎么到马克思主义哲学？大家可以研究。我认为不是美的哲学。这里头我是向中国社会科学院哲学研究所美学专家李泽厚同志学习了。他说：美是主观实践与客观实际相互作用后的主客观的统一。这说得很抽象，但意思还是人通过社会实践达到了对于客观世界的认识的最一般的概括的规律。那么文学艺术通往哲学的桥梁是什么呢，就是美的哲学。

所以同志们，我现在把这些东西作个比较。现代科学技术有六大部门，文学艺术（现在我还没概括的很好，还要进一步研究），也是有六个部门，都有一个很明确的桥梁，到马克思主义哲学。这就是整个人类社会实践创造的，也可以叫做精神财富。一方面是现代科学技术，再一方面是文学艺术，它们都要到马克思主义哲学这个最高台阶。当然马克思主义哲学来自人类的社会实践，也必然要用来指导人们的社会实践。列宁说过"圆圈的圆圈"。我看就是这个意思。就是这里面的相互关系，不是说只是上面指导下面，也不是说只是下面往上面。它们是相互来往的关系，但是又是有序的，有结构的来往。我不久以前跟一些搞力学的人讲，力学从它本世纪的发展来看，它不是物理里面那一些基本的力学，那些都定了。而是怎么样用这些物理的，基本的力学原理来解决具体的实际问题，所以是应用力学。应用力学是一门技术科学。但也不要说只有从基础科学到技术科学，从力学的基本原理到应用力学。因为应用力学也有再向基础科学反馈的这个作用。比如说现在，在这些结合部位，化学力学、生物力学、天文力学、地质力学，一方面，基础科学向力学输送东西，力学也向基础科学输送东西，

这是反馈的作用，是完全存在的。

在人通过社会实践认识客观世界的规律中，还有一个部门没有包括在前面讲的科学技术和文学艺术这些成就之内，这就是军事科学技术。军事科学技术自有史以来，就是一个非常重要的部门。在当今世界中也还是一个非常重要的部门。在这个部门中，如果按我们以上用的说法分台阶，最接近实际战争活动的是军事技术，即军事工程、军事装备的技术和近几十年发展起来的军事系统工程，这是第一个台阶。第二个台阶是军事科学。从军事科学技术到马克思主义哲学的桥梁是军事哲学。马克思和恩格斯对战争的规律都做过研究工作，并有重大贡献。然而在世界战争史上，很少有是毛泽东同志那样集军事统帅与理论家于一身的。他把实践和理论结合起来，大大地把军事科学和军事哲学推进了（注 20）。

我刚才描述的这个体系里面，都有这些反馈的作用。但是，它又有一个结构，不是乱的，而是有序的，即有序化的结构。这样一个思想我认为是正确的。我们是在运用系统科学，运用系统论来研究问题。

（三）马克思主义哲学也有体系结构吗？

再进一步。我想，马克思主义哲学是否也有一个系统的结构？这里作为一个问题提出，请在座的同志指教。我刚才说的这些东西好象已经涉及到这个方面了。因为我所说的那些桥梁：自然辩证法、历史唯物主义、数学学、系统论、认识论、人天论、美的哲学和军事哲学，这八个桥梁实际上就是马克思主义哲学的基础。在这八个基础的基石上，存在着一个大厦一辩证唯物主义。这是否也是一个结构，也是一个系统。科

学系统论的运用，什么事情都是一个系统，而且有一个结构。而这个结构之中存在着相互作用。我这样说，也可能有人反对。他们会说："马克思、恩格斯，列宁都没有这么分，你为什么要这样分呀？"他们会说"马克思的辩证唯物主义和历史唯物主义，还有自然辩证法，这些都是并列的。你怎么说还有一个基础，并在这基础之上还有个大厦？"我劝这些同志：不要老守着一百年前的东西，事物总是发展的嘛。我们现在要比前人作得更好一点，这难道不应该吗？而且我们这么作，是符合系统论的。

我在结束我的发言时，想提出一个要求，让我们大家共同来遵守。治学要力求严谨，言之有物，切忌空话连篇。现在有些苏联人写文章，也有些东欧国家的人写文章，实在太空了。有一好心的同志给我寄来翻译保加利亚某人的一本书，《科学技术社会学》，后来我给他写了回信说："感谢你，你是好心，但看完这本书我得益甚少。这本书里好象尽是噪音，信息很少！这条路我们不要去走。我们还是扎扎实实，是什么就是什么，真正研究一个问题，搞清楚它。"

同志们，我刚才讲的东西，都是我在同志们的帮助下，这四年来学习的一些结果。我如实向同志们汇报，请批评指正！

注　释

[注1]：恩格斯，《路德维希·费尔巴哈和德国古典哲学的终结》，《马克思恩格斯选集》，第四卷，239页

[注2]：同上，240页

[注3]：钱学森、许国志、王寿云，《组织管理的技术—系统工程》，文汇报1978年9月27日，一版

[注 4]：钱学森，《大力发展系统工程，尽早建立系统科学的体系》，光明日报 1979 年 11 月 10 日，二版

[注 5]：Rosen, R, 1nt, J, General Systems, Vol. 5 (1979), P.173

[注 6]：Von Bertalanffy, L, "General, System Theory", G. Bra Ziller (1968)

[注 7]：Haken, H, "Synergetics, anIntroduchon", Spinger (1977)

[注 8]：Eigen, M; Schuster, P; Naturwissenschaften, Vol. 64 (1977) P.541; Vol.65 (1978), P. 7; Vol.65 (1978), P.341

[注 9]：Grundler, W; Keilniann, F、Fröhlich, H, Phys Lehers, Vol. 62A (1977), P.463; XZ, Naturfrsch Vol, 33c (1978) P.15

[注10]：Smolyanskaya, A.Z; Vilenskaya, R.L, Soviet Phys Uspckhi, Vol.16 (1974), P.571

[注11]：钱学森，《再谈系统科学的体系》，《系统工程理论与实践》，1981年 1 期，2 页

[注12]：May, R.M; Nature, Vol. 261 (1976), P.459

[注13]：Feigenbaum, M, J, Los Alomos Science, (Summer 1980), P.4

[注14]：廖山涛，《中国科学》1973 年 1 期，1 页；《数学的实践与认识》1973 年 1 期 28 页；《数学学报》第十九卷（1976），203页；二十二卷（1979），316页；二十三卷（1980），411页；《数学年刊》一卷（1980），9页，

[注15]：钱学森，《现代科学的结构—再谈科学技术体系学》，

《哲学研究》1982 年 3 期，1 页

[注16]：查汝强，《二十世纪自然科学四大成就丰富了辩证自然观》，《中国社会科学》1982 年 4 期 9 页

[注17]：诸声鹤，《试论自然辩证法的性质和任务》，中共中央党校一九八二年自然辩证法班论文

[注18]：钱学森，《研究文学艺术活动的学问——文艺学》，《艺术世界》

[注19]：钱学森，《再谈园林学》

[注20]：李际均，《毛泽东军事思想的特点和历史地位》，《红旗》1982 年 14 期，11 页

系统理论的思想方法在国民经济中的运用*

王 慧 炯

我今天谈的题目是“三论”在国民经济中的应用。这个题目我准备讲三个问题，而关于一些名词在学术上的争论我不准备专门谈。我谈的三个题目是：一、系统工程及其应用问题。二．系统工程方法论的两种考虑及它们的应用问题。三、谈谈国外的发展趋势。最后是一个小结。

现在我谈第一个问题：系统工程及其应用问题。大家都想知道“三论”在国民经济中怎么用法？我想先从系统工程谈起。系统论是系统工程的理论基础，但要严格地把系统工程同系统论区分开来是不大容易办到的。我们国内自从 1978 年开始把系统工程作为重点的科研项目以来，各方面的力量对此都很积极。各方面也作了很多工作。在这期间许多同志问过我：系统工程怎么用法？虽然过去的许多会上交流了很多文章提到了很多优化方面的问题，计算机方面的问题，模型方面的问题等，但仍然有很多同志向我提出怎么用法的问题。这问题怎样产生的呢？尽管有那么多的文章，但在实际应用过程中，还是有这样或那样的困难。这反映了我们客观存在的一些问题。还有一类问题就是教材问题。运筹学的教材、管理的教材都有了，但系统工程教点什么呢？我现在还是先把国外对系统工程所下的

---

* 根据大会录音整理经报告人删补修改

定义说一说，然后再谈应用问题。尽管"系统工程"这个词出现得比较早，五十年代美国就有，但正式定义是 1975 年在科技词典上才出现的。这个定义很长，它是这样的：系统工程是研究许许多多元素组成的复杂系统的设计的学科。在这个系统中许多元素之间相互发生作用，同时与环境也发生作用。在设计这样一个系统的时候，应以使系统总体达到最优为目标，同时要考虑到加入到这个系统中的人的因素与作用。国外对系统工程所下的定义就是这样的。在这个定义中，它强调系统工程是研究设计的一个学科，而且研究对象是一个复杂系统。从这个角度讲，建国以来我们有了许多设计院，如通讯设计院，城市规划设计院、一机、二机、三机部等都有它们的设计院。大家都搞了大量的设计工作，并且这些设计的规模也很大，可以称得上是一个复杂系统。所以可以说我国在系统工程方面早就有所应用。但从刚才讲的系统工程的完全定义来看，我们不放掉定义中的每一个字，那么我们过去做的许多工作还不能完全满足系统工程所提出的要求。因为我们过去在国民经济建设中做了大量的设计工作，但还是存在着这样那样的问题。定义所说的"复杂系统"这一点没有什么问题，但就这个复杂系统中各种元素是相互作用，而且它们与环境也发生相互作用这一点来说，在我们过去的设计工作中，至少可以说是没有自觉地去注意。不管是生物系统还是社会系统，都是相互发生作用的。从马克思主义的基本原理来说，就是，客观事物本身是相互联系的。如果你做一个工程系统的设计，或者研究一个社会经济系统，脱离了事物的基本联系孤立地去考虑问题，就必然会失败。还有就是不但系统元素之间相互作用，而且它们与环境也相互作用。从某种意义上说，环境与事物的联系并不比事物内部各元素的相互联系的影响小。就象马克思主义的基本原理

所说的"存在决定意识"那样。如果建一个工厂就不能不考虑建在什么地方，不能离开这个工厂所处的位置、自然环境、气象条件来考虑问题。离开了环境因素考虑问题，工厂的建设就不会那么成功。

同志们都知道我们搞过三线建设，投入了大量的资金，但效果相对来说却很低。为什么？主要是这些工厂所处的环境很不理想。三线建设没有考虑自然环境，一味地搞"山、散、洞。"山是很不利的自然环境条件，军事工程隐蔽起来是对的，但对于生产系统来说，在那样的环境下建设工厂，很难想象它能在国民经济中发挥好作用。散，这个环境对于生产也是很不利的，一散就破坏了系统内部的相互联系。生产工艺是相互联系的，但在"散"的口号下就把它们割裂开了，又没有考虑相应的弥补措施。我们往往可以看到有的工厂虽然设备很好，但由于布局不合理而搞不好生产。我看到一个氮肥厂，它有四个密切联系的生产环节，前一个环节与后一个环节的结合应该紧凑一些，这样才能保证通讯、管道、电缆线路等的联系紧密可靠，工程造价少。但这个工厂由于靠山而只能建成一排，这样不但造价很高，而且联系起来很不方便，这就是置环境于不顾。我是搞电力工程出身的人，我们的变电所在过去一段时期是散布在各个山，散地方。但没有哪一个变电所的职工是安心在那里工作的。为什么呢？因为变电所建在偏僻的山里面，相应措施没有跟上，职工们要考虑他们自己的生活问题。人不但要吃，而且还想吃得好一些，有个供应问题；还有子女的教育问题。子女要就学，但当地又没有教育设施。在这种环境中你硬要他们安心工作，可能吗？这实际上是违反了系统工程考虑问题的基本原则。系统工程的原则要求注重环境对系统的影响。这样看来尽管我们过去有许多工程，但并不符合系统工程的要求。

系统工程按刚才的定义，它的第三个特点就是应该有非常明确的预定的功能和目标，要保证系统总体最好。那么再从这个观点来看的话，大家都会想到一些问题。过去我们做的一些事情不能很自觉地制定一些预定的功能和目标。大家都熟悉，我们搞过“以钢为纲”，全国到处大炼钢铁。在提“以钢为纲”的口号时，是不是有非常明确的目标？钢是不是我们的最终目标？很显然，我们发展钢铁生产最终还是为了社会主义建设事业的胜利。而搞社会主义建设是要提高人民的物质、文化生活水平。从这个角度看问题，“以钢为纲”并没有体现出明确的本质目标。人们不能吃钢、穿钢，我们应该考虑钢炼出来以后做什么用途。不管是用在再生产，还是用在消费，如果不考虑钢的最终用途，以钢为纲不是很明确的目标，也不是达到系统总体最好的目标。从系统工程的观点看要反反复复地分析、考虑、明确目标，这样才能保证系统总体最好。最后一点是说，在设计系统的时候，要充分考虑到处在这个系统中的人的因素和作用。关于这一点我可以举一个例子。有一个自动化程度很高的电厂，在电厂投产之后不久，发生了一起事故，我们电厂称之为熄火打干枪，即锅炉熄火了。电厂通常烧的是煤粉，熄火之后，喷进去的煤粉就不燃烧了，这样喷进去的煤粉就堆积起来了，堆积的煤粉最后突然燃烧起来，引起了炉膛爆炸。后来在追查事故的时候，我去看了一下，应该说操作者是有责任的，但设计方面也是有责任的。现在的自动化都是由仪表显示，按钮操作的。这个锅炉有两块操作盘，每个盘有 1.2～1.3 米宽，两块加起来就有 2.5 米左右宽。同志们可以想象出这个宽度。按照正规的操作程序：锅炉熄火后要求加大抽风，使里面的煤粉能够排出去，而且要把煤粉断掉，不能再喷粉。工作人员的错误是在熄火后没有把煤粉立即断掉。刚才我们说了，这里存在

着信息系统、操作系统以及人与信息，控制、操作的整体配合关系。在这个过程中，操作人员必须调节两个东西，一个是引风的按钮，使它尽量加大一些，以便把煤粉抽出去；另一个是送风的按钮，使它尽量减小一点。设计人员是如何设计的呢？他把一个按钮放在左面板的最边上，把另一个放在右面板的最边上，就是说这两个操纵按钮相距两米多，这样操作人员就很难控制。再有就是，人不能盲目地进行控制，人须依靠信息来进行控制。锅炉里面压力的情况，操作者必须知道。对于反映这样一个重要情况的仪表，设计者不是把它放在两盘的中间，而是放在一个盘的边上，操作人员就很不容易看到这个仪表。在这个事故中，尽管操作人员有责任，但是鉴于设计上的问题，这个工人还是情有可原的。这是一个很小的具体例子，这说明设计人员在设计时没有考虑到人的因素与作用，这是一个很简单的人的五官和体力的功能因素，需要协调考虑。

同志们都知道，前几年党中央关心人民生活提出了增加工资。但调资有些情况下不但没有提高积极性，而是相反。一次我问一个电厂总工程师："你们那里的生产情况怎么样？他说"不好"。我问："为什么？"答复是"还不是因为调资"。在一个单位中调资本来是好事情，但有时调资却起了不良的作用。要解决这些问题就要加强管理，贯彻按劳分配的原则。但过去劳动管理混乱，劳动没有定额，这样在调资时就没有一个可以计量的标准。因此在调资时就缺少可以遵循的原则。这样就容易在工作中出现偏差而产生副作用，在复杂系统中，我们要注意人的因素作用。

对国外的系统工程定义，我比较欣赏这样两点，即强调了元素间的相互联系，以及系统与环境的相互联系。它们反映了系统工程的本质方面，这个本质方面就是事物是互相联系的，事物与

客观环境是相互联系的，并且这种联系是有规律的。我们考虑问题的出发点，不能只考虑局部的“好”。局部的“好”不一定代表总体的“好”。我们应该考虑总体的最好。在做事情之前要反反复复地分析做这件事的目的，为了达到这些目标，我们应该搞一个什么样的系统具有什么样的功能以达到这些目标。如果用这些要求去衡量过去我们许多设计单位所作的设计，远没有达到系统工程的要求。我们可以说，我们过去不是没有系统工程，有过一点，但还远远不够。需要在其中增加内容，即要进一步研究联系、功能、目标、优化、人的因素与作用。运筹学以及优化的技术，可以改进解决我们过去在工程技术中一些不足的问题。但如果从系统工程的总体来说，我们还有更多的东西需要去研究。比如拿什么样的数学手段去研究目标问题，进一步研究功能，知识，甚至人的因素和作用的问题，这里还有大量的工作需要去做，刚才谈了这么多问题，从它的理论基础上来看，也就是系统论中研究的问题。所以说系统论是系统工程的理论基础。从刚才谈的一个很小很简单例子来看，一个小小的自动控制系统，就涉及到很多的联系。如果大到一个国民经济的总体布局，那就会有更多的联系。今天我们希望国民经济能以较快的速度发展，但我们发现过去我们的国民经济建设中存在着许多不利于高速度发展的问题。比如说我们的生产力布局，一些工厂的分布不是沿着我国的交通线。当然选厂时原则主要应在交通线上。但由于前一段时间我们交通运输与其它基本建设不配套，我们在搞山西煤炭建设的时候，就发生了运输能力跟不上的问题。那里有煤炭资源，也可以开发出来，但就是运不出来。过去我们没有考虑多种方式运输，铁路只是运输方式中的一种。从功能角度看，运输就是把人、物资或信息从一个地方运到另一个地方。这可以有多种手段，但我们过去

的手段比较单一。一般依靠铁路，山区依靠公路，对于充分发展河运、海运我们过去注意的不够。我们的工厂不仅可以沿铁路建设，而且可以沿河、沿江、沿海。我们应该结合有利的运输，作一个很好的布局。在国民经济的调整中我们有大量的工作需要去做。假如我们应用系统工程的基本概念配合了若干数学手段，我们在国民经济建设中就会取得更好的成果。上面我下的系统工程的定义，是从国外的科技词典上原封不动地照搬来的，只是加上了个人解释与理解。从系统工程的观点搞设计的话，有两个方面不同于我们过去一般的设计观点。一是全局的观点。全局的观点就是考虑到问题的各个领域。在一个工厂投产前后有许许多多的问题，从系统工程的观点来说都是应该考虑的。一个工厂投产前所应该考虑的问题是市场问题。计划也需要满足最终消费问题，投产后要考虑经济效益。生产管理生产人员培训，后勤供应，检修等问题，这些都要从全局的观点来考虑。对于投产后的这些问题，过去一般搞设计的人是不会考虑的。过去我们的设计认为，检修细节不是设计要考虑的问题。但过去设计所作的检修组线设计并不能满足生产需要，这就不是从全局的观点考虑问题。另外一个就是全生命周期的投资效益问题。全生命周期这个概念，它是从生物学的角度提出的，系统工程要求把一个死的东西，把它当成一个有生命的东西来看待。一个有生命的东西和一个死的东西的差别在哪里呢？拿一个人来说，从胚胎到婴儿、儿童、少年、青年、中年、老年、衰亡他有一个全过程。每一个过程都有自己的特点。如果你希望一个人成为一个很好的德智体全面发展的人的话，就应该从早期抓起，我曾讲到过这样一个例子：现在一般家长都关心自己子女的升学问题，高中毕业后能不能考取大学。所以在孩子上高中时拚命找人补课，或者拚命加以督促。但从系统工

程的全生命周期的观点来看，你抓的太晚了！如果你能够从儿童的时候抓起，从德智体三方面加以培养教育，如果孩子从小学，初中以至高中成绩一直优秀，那么他在高考中就没问题，准能得四百分以上考取重点大学。相反，在小学的时候就听之任之，由他到处玩，初中也放任自流，到了高中你拚命扭转恐怕也无济于事了。这个问题很清楚，假如你从全生命周期的观点来看的话，有两点值得注意。要保证一个事物的正常发展就要抓它的早期、前期。也就是说，只有先行阶段搞好了，才有下一阶段的好。如果你放弃了前一阶段，要搞好后一阶段，那是很困难的。另一个方面就是评价总体经济效益最好，要看全生命周期的经济分析。全生命周期总的价格最低才是一个最有效,最好的工程。系统工程在国内外都有许多不同的解释。国内现在对系统工程有很多的理解，这种情况类似于国外五十年代的情况。哈雷哥德格 1957 年曾在美国理工科大学负责人会上作过一个中心发言，他说当时对于系统工程的理解有十三种之多。我国现在的情况与那时的美国极其相象。当初有人说,系统工程就是运筹学或是运筹学的一个分枝。还有人说系统工程本身不是什么新鲜东西,是常识性工程。人们之所以对系统工程有种种的理解，关键是对系统两个字有种种不同的理解。“系统工程”和“系统理论”这两个词，我们不否认都是舶来品。虽然名称本身是国外引进的东西，但基本的思想方法我国却也是有的。我们不妨从系统工程、系统论中的“系统”两个字来看，国外对它有很多的解释。有一种是：系统是有秩序的、一种相互联系的、组合的有机体，这个相互的组合叫做系统。这是一种解释。另外还有一种解释，我替它加了一点内容：系统是人、设备与过程在一定环境中的有秩序的组合。那么“工程”这个词呢？我们念书的年代和现在国外对它有着不完全一样的

解释。在我们念书的年代，国外的解释是：凡是把理论自然科学知识用之于比较实际的领域而产生实物成果的就叫做工程。现在工程的辞义从国外字典来看，第一是设计，第二是计划。把这两个解释拿来拼成系统工程就应当解释为系统设计，系统计划。我刚才说了，系统是人、设备与过程在一定环境下有秩序的组合。从这种意义上说，系统无时不在，无地不在，它存在于我们每个人的周围，存在于我们每个人天天的生活之中。我们这个会就组成为一个系统。这个会有人，讲的人，听的人。有设备，话筒、扩音机、录音机，第三有过程：讲的过程，听的过程。不管是讲还是听的过程都是一个有规律的组合。假如我在讲之前不想一想，安排一个秩序，打算讲那几个问题，不这样就会乱七八糟，大家听了不知所云。假如在人与设备之间没有一个有秩序的组合，话筒不这样放而是把它转一百八十度倒放过去，它就不起作用了。每个人上班乘车也得有一个考虑安排。比如我从办公室到这里来坐车就得有一个车路顺序的选择。如果有人在生活中秩序安排不好，家里会乱七八糟。一个人、一个家庭是这样，一个工厂也是如此。工厂的人与机器之间的秩序是操作规程，人与人之间的工作关系就是我们的管理制度。所以说能不能把人、设备与工作过程形成一个有秩序，有规律的组合，这是能否形成系统的一个关键。我上面是把系统工程降级，降格到常识性的工程来谈这个问题，当然这和严格的学院式定义有差别。把系统工程降为普通常识性的东西有好处，这样有利于我们每个人去理解系统，使人们自觉意识到系统有人的一面，还有工作过程和规律方面。这样能够使我们自觉地从日常的实践中找出它的秩序和规律性，这样就能更好地掌握系统论和系统方法。

下面谈第二个问题：介绍两种性质的系统工程方法论。资料

仍是国外的，我这里只是作一个简单的介绍。先介绍霍尔的三维系统工作的模型。国外认为霍尔 62 年写的《系统工程方法论》是最好的几本书之一。三维模型的基本思想在 62 年的书中已有所体现，但不太明确。当然，人的思想是不断地有所发展，有所前进。在 69 年他发展形成了这样的三维模型。他把系统工程归结为这样一个三维结构，见图 1 。我刚才说了系统工

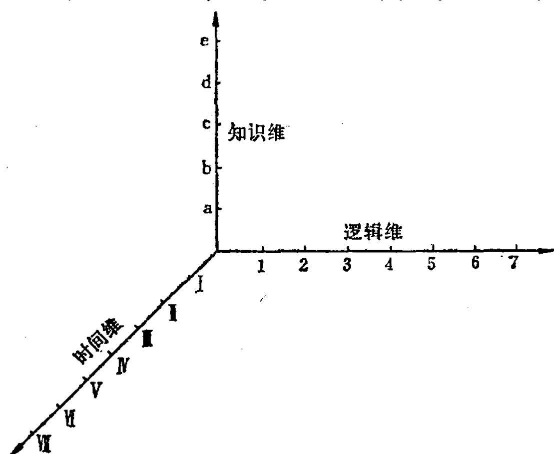


图 1

程是把死的东西当作活的东西来看待，所以它有一个生命周期在里边。第一维就叫做时间维，时间维的Ⅰ代表规划；Ⅱ代表计划阶段；Ⅲ代表开发；Ⅳ代表生产；Ⅴ代表分配阶段；Ⅵ代表分配；Ⅶ代表这个工程到了老年应该退出。这就是刚才说的把死的工程当作活的来看待。逻辑维的 1 代表弄清问题，把问题搞清楚。 2 是价值系统设计； 3 是问题综合； 4 是分析问题；这里是先综合后分析，具体综合分析的方法我就不详细谈了。 5 代表综合分析之后应该提出好多不同的方案，并把方案排一个队，提出一个优劣次序。 6 是问题的决策阶段。 7 是把问题

付诸实现这个阶段。逻辑维就是要求考虑问题按这样一个步骤来进行。知识维中 a 代表工程领域的知识，这要求有多方面的知识。但工程知识还是代表比较死板的，它的灵活性还不是很大。客观的规律、定律、理论还是比较容易掌握的。b 是代表医学的知识。医学包括对人的肌体的理解。医学比工程要复杂得多。同志们都知道，维纳当初搞控制论是通过和大量的医生交朋友才写出了控制论，同志们从他的控制论前言就知道得很清楚。人是一个非常复杂的有机体。在 b 的上面意识形态思维方面的分量就更多了。有法律方面，心理方面以及整个社会科学领域的知识，甚至艺术。处理系统工程的问题三维都是相互交叉的。比如时间维的计划、规划阶段就要经过逻辑维的七个阶段。当然在不同的区域中需要的知识也不尽相同。根据系统工程强调规划的观点来谈谈我们当前正在进行的一项工作。有的报纸上曾报导过"山西能源基地建设的综合经济规划"。这个工作，目前规模还相当大。由山西省政府负责，山西省有几十个厅局都卷到这项工作中来了。中国科学院对这个工作很重视，有40多位科学家(其中包括学部委员)，他们打算到山西现场去。社会科学方面也组织了相当一部分人参加。国家各部委也参加到这个工作来了。为什么要化这么大的力气去搞一个综合规划工作呢？我们从过去的经验教训知道，要想把我们整个国民经济工作搞好，如果不把生命周期第一个阶段的规划搞好，那么，搞好后阶段国民经济的发展就会产生一些困难。所以我们试探着拿一个省作为一个重点来取得点经验。

但是，为什么称它是综合规划呢？虽然在山西我们重点研究的是煤炭能源，但是开发山西的煤炭，决不能就能源论能源，就煤炭论煤炭。假如我们只考虑山西的煤炭开发，而没有考虑到怎么把这个能源送到最终需要它的地方去，那我们就不是综

合规划，为了满足这种需要，就得考虑多种情况：一种是通过交通运输运出来。这在当前还是一个很大的问题。山西省原有五条铁路，南同蒲、北同蒲、京包线、石太线、京原线，都已经相当紧张，已基本达到它的饱和程度。

各种的因素：能源的因素、交通运输的因素，都得要作全面综合的分析。分析它的客观的需要，分析它的可能与运送效率，分析人力、物力、财力的种种条件。在综合规划中还要分析，煤运不出来时，还要考虑把煤炭就地消耗掉，或变成比较容易输送的方式输出来。比较有效的一种转换方式，就是由煤变成电，向外输送。输煤与输电的决择决定于技术经济比较。当然，我们要抓好这方面的技术经济比较问题。科学院的科学家们还提到过这些意见：有没有可能把煤变成另外一种高能的、易于输送的东西，就是说，把煤液化后与气化后向外面送出来。当然煤炭的液化、气化本身在技术上是可能的。大家都知道，在第二次世界大战时期，法西斯德国因为缺乏汽油，它也是通过煤炭的气化、液化、制造了人造汽油来供使用，但是石油这个东西，在二次大战变成了廉价能源与原料。而世界各国发展速度，某种程度上还和石油能源的开发离不开的。现在，在德国一个人可以摊到2吨石油。在美国每个人可以摊到的能源，拿石油来说，人均差不多可以有4吨多一点（其中有浪费的成分在里面）。但是在我们的国家里，石油能源是个什么状况呢？过去我们是依靠陆上油田，今后还有待于海上油田的开发。我们国家整个的能源，大家都知道，煤炭相对的较多，储量是很多的。从每个国家发展它自己经济来看，这里还有一个基本方针问题：技术路线是按照外国的技术路线照搬、照抄，还是根据自己的资源情况应发展自己的技术路线。当然这里需作经济比较，这里有个煤化工开发研究问题。当然，从世界各国的范围

来看，煤炭化工的气化、液化、经济性比石油化工要贵得多。假如我们科学探索方面能结合自己的国情资源，进行研究，有可能在煤化工中间探索出价钱比较便宜的途径。在这里，煤炭资源向外输出还牵连煤化工怎样开发的问题，发展技术的一套方针的问题。所以还有一条，在这些互相牵连的因素中，要开发能源不能不考虑相应农业的发展。当然，我们不是把山西本身完全搞成小而全的结构。要从整个国民经济的全局来加以考虑。每个地区可以根据它们各自的资源优势的特点而发展，同时在全国范围内作出恰当的平衡。否则，假如每个省都小而全，每个企业小而全，这就不能说是合理的经济开发。既要考虑恰当的开发，又要考虑整个的综合平衡。农业发展在粮食作物与经济作物之间又有一个平衡问题。山西省本身过去是一个重型结构，煤炭很多，它的机械工业比重很大。机械工业都是重工业，钢铁基础也还有一点，它的轻工业基础相当薄弱。那么是不是在它的资源优势基础上面，可以考虑相应研究一些轻工业的发展。所以这里在做出综合规划中间需要花大力气去把各个领域做好一个协调的工作。在规划计划之后，会提出很多工程项目来的。譬如说山西省，它本身是缺少水的。要上很多工程项目冒出来的第一个矛盾就是水量根本不够，不能满足工业的需要。所以曾提了一个项目：能不能把黄河的水引到山西省内去。这个项目成为系统工程第二阶段，项目计划阶段。对于山西省缺水，可能有好几种解决途径。也就是弄清问题与综合分析之后，还要对不同的方案进行排列，进行比较。解决山西省缺水，途径可以是多种。一种是开源，一种是节流。节流是在节约中间打注意；开源是在水源中间打主意。过去所谓水的开源，人们对于地下水、地表水中间的天然（自然）规律、相互联系没有掌握。认为这里没有水。打口井，取地下水就行了。这

样是不行的。因为地下水的最终补给来源还是靠天上来的水。而天上来的水(雨量)就是这么一点，它不在地表出现，它就到地下去出现。所以地下水不是取之不尽，用之不竭的。在那儿取了地下水，相应的地表水也受了影响。山西省打算开个会，叫做水资源评价会。就是核实一下，地表水与地下水加起来，总账究竟有多少。这个账过去是不清的。老是说年总流量有多少多少，后来发现有重复计算。因为一部分地表水与地下水实际上是重复计算的。所以，现在核实下来，又有新的情况出现。在这种基础上，刚才我们说最现实的第一个方案还是从节流来考虑。每个工艺，每个工厂都采取一系列的技术措施来节约。人与自然关系，首先是人们能够在自然的条件下有效地给以控制。显然，自然多少还应该说是可以控制。技术措施应完成这一任务。刚才说过他们提了一个可以把黄河水引到那边去的方案，这个工作量相当大，上百公里的洞子要开挖，直径很大，不是很简单的事情。所以，这许多方案，都是要在前期阶段多多加以研究。只有这前期工作做好之后，才可能把后期工作做好。这就是我想谈的逻辑维和时间维的应用。系统工程需要各式各样的知识。现在我国基本建设中间出现一些普遍问题。工程造价比过去大大地增加了。“一五”计划期间，土地很容易征到，要用的土地不要多少钱。但是现在要取得一亩土地，价钱简直无法想象，贵得不得了。这里要有些法律规定。我们现在搞中外合资经营，但对国际上的法律怎么样，了解得不那么太够，所以往往在对外的交流中吃很多亏。搞工程要不要掌握这些东西？需要掌握。这样，法律的问题就自然地冒出来了。各种社会因素，如山西省有国营煤矿，有地方国营煤矿，也有社队的小煤窑，集体所有制的企业。这里来说，有很多的社会因素互相连着的。拿社队小煤矿来说，前几年速度上得很快，因为它牵

涉到农民本身的切身利益。农民的收入，耕地的收入比起他采煤的收入来，不管怎么说，工业的收入总比农产品的收入要高。这里面存在着一个社会问题。怎么合理地、综合地把大、中、小比例协调地发展，这里有社会因素要考虑。所以，就客观现实的问题来说，国民经济系统是一个大系统。对于每一个领域都应加以充分研究，才有可能把我们的工作搞好。这里谈的是一种方法论与一个模型体系。模型是三维坐标，只不过把模型的概念扩大了一点。过去，在国内科学技术界所谈的模型的概念，局限性太大，只指数学模型，但它不代表所有的模型。这次我们想探索一下怎么搞山西国民经济的数学模型问题。尽管我们过去搞过很多经济数学模型，但是成功的不说绝无，却是仅有，很值得研究。山西省计委同志希望我向他们解释一下什么叫模型，我说模型，你不要把它复杂化，也很容易理解。你到百货商店去看玩具，一个洋娃娃放在那里边，一个小孩子玩的汽车，我说它就是一个模型。一个洋娃娃它反映出来的是一个人的某种特征，一个洋娃娃至少有一个头，有两个手，有两个脚，有一个身体，这就是低级的模型。好一点的洋娃娃，它里面装一个电池，它眼睛会动，手会动，那就是高一级的模型。这两个等级的模型，都反映出人的特征。假如说把洋娃娃的头去掉之后给孩子玩，他会说："这不象个人，我不要它。"他说不是个模型，因为它没有把人的特征反映出来。洋娃娃反映出人的特征，它的特征是有头、有手、有脚。高级一点，你给他一个电子操纵的洋娃娃，它会动，或者会唱歌，那就把更多的特征勾画进去了。所以，如果在这种意义上理解数学模型，我们说模型早就有，而不是今天才产生模型。因为几十年前学工程的人，学社会科学的人，都要拿一个式子，拿一个公式算一算，一个公式反映出某一个客观的特征。最简单的

如玻意耳定律 PV = RT 。它反映了在工质中间的气体的三个特征，一个压力，一个体积，一个温度三个特征。当然，假如说你想把一个客观气体作一个全面描绘，仅仅 P.V.T（压力、温度、体积）还不够，还应有其他参数再加进去。参数加得越多，，方程式的数量越多，描绘这个客观事物的特性的模型，也就越正确。数学模型，是拿数学参数去描绘一个事物的特征的。但有一个前提条件：这许多数学参数必须要真正反映出事物客观的联系，反映出事物客观的规律，所以，首先是定性的，其次才能定量。假如你对客观事物的规律不太清楚，不了解相互之间是什么样的联系，而列了一堆数学式子，这个模型是解决不了问题的。我们国内搞经济模型的，现在所需要解决的问题，需要了解经济元素之间的相互客观联系的规律性，需要对此作更多的探索。这样，我们的经济模型才能够更正确地反映客观实际。我们搞的模型，有时往往使实际工作的同志不大容易接受，因为他从他的工作中间觉得你不能解决他的实际问题。

另外再提国外的系统模型，我觉得它反映了控制、信息。图 2 反映了几个概念。一是系统的层次。它分成这么几层，

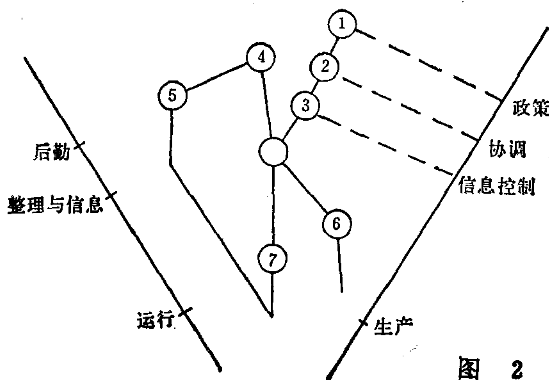


图 2

最高的是决定政策层；政策层下来之后，就是协调层；协调再下面一层是信息与控制；最低的层次是实现各种各样生产方面的层次。图里作了些简化。图中的上面这四个圈圈，①相当于政策层；②相当于协调层；③相当于信息和控制层；④、⑤、⑥、⑦几个圈圈都在生产层中。⑥与⑦是实际的生产过程中间的运行过程，④与⑤相当于后勤的过程。在这里管理与信息中间有这么一层。在生产中间有一个信息加工问题；有一个信息控制问题；协调问题；政策问题。虚线所代表的就是信息与控制。这是国外近来对一个系统所绘出的又一个普遍的模型。从这一个系统模型来看，生产分为运行与后勤，后勤包括检修在里面；运行是第一线的，检修是第二线的。当然，越到上面，更多是政策和协调，而所依靠的都是信息与控制，决定了整个系统。我想，这一个模型对我们今天研究信息论，控制论或者系统论，也具有一种普遍的意义，所以我在上面把它画了一下。

第三个问题。谈谈国外对系统工程或系统论观点发展的情况。系统工程也好，信息论也好，控制论也好，运筹学也好，这是二十世纪 50 年代后自然科学、社会科学、工程领域的各种学科发展的必然趋势：互相渗透、互相交叉。所以在概念上形成了不同的看法，不同的说法。我这里提供一个资料，这个资料反映了一种观点（是否反映大部分人的观点，我不能加以肯定）。这本书提到，有这么四种不同的需要，产生了四种不同的学科。第一种：最初的需要是为了解决短期的资源的合理使用和决策的问题，出于这样的客观需要在 1940 年到 1960年的阶段，发展了运筹学，从 60 年到 75 年，在原来的运筹学的基础上面又分得更细一点，变运筹学也好，或者叫运筹学的管理也好，还有一种叫决策分析，又发展成为更细的这么几门学科。这是一种需要。第二种学科出现的需要是为了解决长期的

资源的合理使用，以及研究长期性的决策问题，于是产生了所谓系统分析。系统分析的方法论在 60 到 75 年代这个阶段，又进一步演化成为下面几种名称：一是应用系统分析，一是区域规划工作，一是刚才说的规划计划的工作。 75 年之后，国外又把运筹与应用系统分析合并了，总称叫管理科学。第三、由于大系统的出现，以及更多的自动化加上计算机渗透到工程领域的应用，因此需要整体去研究系统的设计，整体去研究人一机系统的设计，整体去研究管理与工程系统之间的相互关系。这样，在 40 年代至 60 年代就产生了"系统工程"。 60 年代到 75 年间，又进一步深化，产生了后勤工程、系统工程及系统结构等分支。系统工程和上面谈的系统分析两个东西又有点交叉。 75 年之后，国外又把这二者混称为工业工程。最后一种，由于军事方面的需要，出现了雷达系统及其他系统，因此就在 40 年代到 60 年代出现了伺服机构理论，60年代至75年则发展成为控制工程，控制理论，系统理论。法国有一个也算是系统理论权威人士写了一本书叫做《系统理论要素》，里面讲的基本上还是相当于自动控制理论。因此系统理论与一般系统论又有概念上的差别。那么系统论、控制论、信息论这三者间是个什么关系？国外也有资料，在谈到系统论与信息论的时候，干脆给它一个更笼统的名字，叫系统思想。系统思想概括了下面几方面：第一，就是贝塔朗菲的从生物领域作了研究后，而得到一般系统论的结论的一些基本观点。当然一般系统论的所谓基本观点，实际上就是系统的性质，系统的分类（开式系统与闭式系统），系统本身的一些总的特征。例如它的结构特征，包括系统是可以并且必定是分为层次的，系统本身是可以分成子系统及其组成部分的。系统的特性包括所谓整体性、有机性、有序性。所谓总体，即是全量。但不是象过去说的全量等于

部分之和，而是全量大于部分之和，可以比部分发挥更多的有效的作用。这种有机性、整体性、整个的动态平衡、信息反馈以及负熵，可以使没有秩序的系统走向一个有秩序的系统，一个有机系统在它自己内部具有走向有序完善化这样一个特征。再者同样的最终目标可以有多种途径。以上归结起来都是贝塔朗菲所谓一般系统论的基本观点。这是领域的一个方面。领域的第二个方面,就是香农和维纳他们所创立的所谓“信息论”。信息论在香农本人原来比较局限，只限于对通道中间信息传输量的研究。维纳的观点比他广一点。那么到维纳所谓控制论，OR 系统仿真，并把博奕论作为单独学科，综合了这几个方面的东西，把它形成为一个整体的思想，笼统称之为“系统思想”。这是国外杂志论文所反映的一种思潮。

今天我就讲这么三个题目。对这三个题目做个小结。上面我们说了那么多东西，系统论也好，系统工程也好，应该有非常明确的预定的功能及目标。那我今天讲的，究竟什么是我的目标呢？我想我的目标是要说明这样几个基本观点：

第一个基本观点：任何理论的发展，就象毛泽东同志在《实践论》中所提出的，是从实践上升为理论，又拿理论回过去指导实践。在国外这三论之所以得到发展，或者说系统论之所以得到发展，有它客观的社会环境的需要，是在需要的基础上面，实践的基础上面，上升为理论的。所以，今天如果我们想把三论真正推广好，就要更多的从实践的领域中间做一点工作，把它上升为理论，这样就推广得更快一些。如果离开实践，一上来就想把理论推下去，会有相当大的困难。目前系统工程在国内的推广还不很理想，应该应用的设计单位似乎对系统工程兴趣还不那么大。问题出在两个方面：第一方面，认为原来已有一套东西。但是我们原有的设计确实是在第一个五年

计划期间，我们从别人那里搬来的一整套办法。而这一套办法已远远不能满足当前的实际要求。因此，就需要补充点新的东西进去。但是，现在研究系统工程的人，有一部分同志并没有实践、认识，所以我们系统工程发展有点困难。

第二点，为什么我今天说一些洋东西，说些国外的东西。我主张做个老老实实的人，研究学问的态度应是老实的态度。人类的知识在继承的基础上面有所发展，有所前进，不能割断历史的联系，凭空来发展，也就是说，我们不可能白手起成一个大家。如果我们象文化大革命中间有些做法，把我们整个中国四千年历史传统中的优秀的东西统统推倒，企图从头来起，那个不符合客观发展规律的现实。中国有中国的历史，有中国的传统；世界有世界的历史，有世界的传统。我们要想以最大的速度去赶上，超过世界的水平，只有很努力地去学习继承我们前人的经验。很努力地去学习，继承世界各国的一些有益的经验。在此基础上努力发展。这个继承正是象毛泽东同志在《新民主主义论》中间所说的，在批判基础上的继承。当然，这“批判”二字，同志们听了不要怕。我不是指文化大革命中间那个“批判”。我指的是学术上分析它，哪些是正确的，哪些是错误的。我们吸收它正确的一面，发展它正确的一面，撇开它错误的，不适应于我们国家的一面。这是我所说的批判。每个人在学术上都应该采取这种态度。所以，我今天仍然介绍国外很多东西。这主要就是说，我们既应该继承我们自己的经验，也可以在人家已有的经验基础上面去继承有益的一些东西，发展对我们自己有益的东西。这是我想阐明的第二个观点。

我想阐明的第三个观点是：我在上面谈第一个题目时，把系统工程从学院式、经典式的定义降格成为当初哈雷哥德所提的常识性的工程。为什么要把它降格呢？这里我体会到，如果

我们想把一个东西推广的话，就需要记住毛主席《在延安文艺座谈会上的讲话》中间所说的普及和提高的关系问题。这里有一个阳春白雪和下里巴人的问题。也就是说，在普及基础上的提高，在提高指导下的普及，这么一个问题。所以，今天我不愿意把系统工程，或者系统论抬到非常经典化、学院化，使它成为一个高不可攀的东西。所以愿意从常识的基础上出发，来说这个问题，只有在普及的基础上去提高，在提高指导下去进行普及，那么我们在这方面才能发展，才有生命力。今天我谈这三个内容，我的目标就是这些。

系统理论中的若干科学与哲学问题初探

魏 宏 森

在以系统论、信息论、控制论为主要内容的系统理论研究中，有许多问题经常引起激烈争论，一时难以得到完全一致的认识。由于这三门新兴学科之间关系错综复杂，而且学科本身尚不成熟，处于发展阶段，有些问题恐怕一时亦解决不了。为了适应现代科学技术发展的整体化需要，促进这三门学科本身的发展和综合，给辩证唯物主义的发展提供素材，又迫切需要深入地研究这些问题。现就系统论与信息论，控制论之间的关系，“三论”与科学方法论的关系以及“三论”与辩证唯物主义的关系发表一些不成熟的意见。

一、系统论与信息论、控制论之间的相互关系

通过对系统论的历史考察，我们发现它与信息论、控制论既有区别，又有着千丝万缕的联系。这三门学科都是经过本世纪二十年代至四十年代酝酿，于一九四八年几乎同时产生的。其中许多基本概念、基本思想、基本方法都类同，这在控制论中表现得更为明显。控制论的创始者们，如维纳、艾什比在创

立这门学说的过程中，同时对一般系统论和信息论提出了独立的见解，成为这三门学科的重要奠基人。贝塔朗菲亦试图把控制论和信息论包括在系统论中。哈肯的协同学亦首先讨论了信息问题。这些决非偶然的巧合，而是由于他们所研究的对象都离不开系统、信息、控制等基本概念。他们在当时的历史条件下，各自从不同的角度提出了解决问题的方法和原则，实际上都是运用系统的观点，从不同的侧面去研究问题、处理问题。贝塔朗菲是从理论生物学的角度发现了一切有机体与生物有机体类似，都是由要素(部分)组成的有机整体，于是撇开一切对象的具体的物质、能量形态，仅仅把对象作为部分组成的整体的关系而加以考察。他把这些对象称作为系统。指出："系统可定义为相互作用的诸要素的复合体。"*他把系统作为专门的考察对象，力图寻找出适用于一切综合系统或子系统的概念、模式、原则和规律，来描述和概括与问题相关的客体，从而创立了适用于研究一切系统的科学——一般系统论。

然而，研究任何系统都离不开信息。特别是对于象自动机，生物有机体等复杂的通讯和控制系统，仅仅运用过去研究简单系统时使用的物质和能量的概念，已不能反映出系统的真实运动状态，更不能解释复杂的生命现象，如组织、结构、遗传、部分与整体的关系等等，而必须反映系统本身的组织程度，有序程度和复杂程度的信息。以便定量地描述系统与子系统、系统与环境之间的相互联系。因为系统与系统之间，除了物质和能量的交换以外，更重要的还有信息的交换。信息是反映系统的重要特征。一个系统的信息量大小，反映了该系统的组织化和复杂化程度的高低。它可以使物质系统以非常经济的方式进行自我调节。系统越复杂信息就越重要，无论是自然系

---

* L.V.BertaLanffy "Problems of life" (1952) 第 199 页

统、还是人造系统、社会系统都是如此。信息论则为人们提供了研究系统的组织化程度和信息在系统中（首先在通讯和控制的技术系统中）如何有效地传输的理论。为一般系统论研究系统问题提供了重要的理论基础。

系统有可控（制）系统和不可控（制）系统之分。在控制论中的所谓可控制系统，就是指这样的一个有组织的系统，它可以为了改善或发展某个或某些对象的功能，根据内部和外部条件变化的信息，给对象施加作用，进行调节的系统。如技术系统、经济系统和交通系统等。可见要对系统实行控制离不开信息，没有信息就不可能实现控制。维纳曾指出：信息和控制是不可分割的，控制和通讯是同一类的东西，信息论是控制论的基础。艾什比则进一步指出：对系统的控制能力的测度（必要变异度）不可能大于同系统连接的信道的容量，进一步把信息论和控制论结合了起来。维纳还把信息的概念扩展到许多学科，把它作为考察系统的重要方法来使用。他创立的控制论是最早把对象作为系统来考察的学科之一，并为进一步考察系统的性质，提供了更为广泛有效的概括形式和处理方法，为我们提供了强有力的模型化工具。它是适用于一切控制和通讯系统的理论。系统论和信息统、控制论似乎是三套概念、原理、各成体系的理论，而实际上都是研究系统、信息、控制问题的横向科学，很可能是一种新思想方式的先驱。但从思想渊源和研究范围来看，系统论则起源于基础学科（生物学），研究领域更广泛些。它所揭示的是一切系统都可普遍适用的规律，更接近于哲学。而维纳的控制论原来是研究通讯和控制系统，申农信息论则发端于通讯技术系统，它们偏重于技术，属于技术基础学科。如果说控制论还具有哲学思想色彩的话，那么信息论则技术性很强。所以国际学术界一般称系统论为现代

科学方法论的新流派，把它列入科学哲学之中是有一定道理的。今天我们研究系统论、信息论和控制论时，要考察它们的产生、发展的历史；掌握它们的基本概念和基本内容，找出它们的区别与联系；分辨它们的作用与局限性；认清它们的发展趋势；认识它们与马克思主义哲学的关系。从目前的发展趋势来看，一方面系统论、信息论、控制论都在向纵深发展，逐渐形成系统科学、系统学、信息科学，大系统理论、智能科学等等。同时，现代科学技术发展的整体化趋向和现代科学管理、经济管理和社会管理的需要，自然科学与社会科学的相互渗透，迫切要求人们运用辩证唯物主义这个锐利武器，结合现代科学技术发展的现实，在更高的角度对它们进行新的综合，建立一门把系统、信息、控制等基本概念、原理有机地结合在一起的新理论—广义系统论。这就是说这三门综合性学科本身需要进行新的综合，这就是“三论归一”的设想。当然这样一来决不是以原来的系统论去代替其他两论，也决不是说其他两门学科本身就不能发展了。而是把它们作为一组研究系统的学科来加以考察。如果说信息论是研究通讯系统的理论、控制论是研究控制和通讯系统理论的话，那么系统论则是研究一般系统的理论。前两者是研究特殊系统的理论，而后者是研究一般系统的理论，它们的关系是特殊与一般，个性与共性的辩证关系。这里不存在谁代替谁，谁吃掉谁的问题。当然我们所说的广义系统论是建立在系统学的基础之上的，是系统科学与马克思主义联接的桥梁。就其在科学体系结构中所处的层次来说，显然它比信息论和控制论要高一些，这样来理解亦并无高于其他两论的意思。我想只要客观地，冷静地思考一下这是不难理解的。

二、系统论、信息论、控制论与科学方法论的关系

系统论与控制论一样还具有浓厚的方法论特征。对此，它们的创始者贝塔朗菲、维纳和艾什比都曾反复强调过。维纳在谈到创立控制论的目的时指出：控制论力求“寻找新的途径、新的综合的概念和方法，用来研究机体和人构成的巨大整体。”贝塔朗菲在创立系统论时曾明确指出：系统论思想的提出最初就是反对在生物学的理论和研究中存在着的“当时流行的机械论方法。”“因为活的东西的基本特征是它的组织，对各部分和各过程进行研究的传统方法不能完整地描述活的现象…………我们相信寻找理论生物学基础的尝试会根本上改变世界的面貌。这种观点在作为研究的方法论基础时，可以称为机体生物学，在用于解释生命现象的概念时，可以称为“机体系统论”。①系统论、信息论和控制论也确实给我们提供了适合于现代科学研究和科学管理的新方法。如系统方法、信息方法、反馈方法以及功能模拟方法等等。②这些方法是把客观事物作为“系统”来加以考察，从整体上最优地解决生物界、技术与社会的复杂系统、大系统中控制和通讯问题的一般科学方法。是以往任何传统方法所不能比拟的，在科学方法论的发展中占有特殊地位。

科学技术发展的历史表明：每当科学发展到一个新的阶段，总会伴随着一种与之相适应的新的方法出现，从而推动科学技术进一步发展。人类认识和改造自然的方法经历了一个辩证发展的途径。在科学不发达的古代，人们虽从整体上用系统观点去

① 《科学学译文集》科学出版社 1980 年第 310、312 页

② 《自然辩证法讲义》人民教育出版社 1979 年第三编第 7 章

认识客观世界，但由于那时人们认识事物的水平较低，这种从整体上进行系统和综合的认识带有很大的直观性和模糊性。随着近代科学产生和发展、通过分析研究，逐渐从各个细节上到客观事物有了较深入的认识，这时使用的主要是分析和实验的方法。到了科学发达的现代，特别是二十世纪三十年代以来，自然科学向微观和宏观两个方面纵深发展，科学分化越来越细。同时，科学综合又越来越显著。科学技术发展到一个新的更高的综合阶段，不仅要揭示事物之间的纵向联系，而且还要揭示事物之间的横向联系。科学研究要求从个体水平发展到整体水平，从静止发展到动态，从实际事物水平上升到复杂系统水平的客观需要。就要求建立新的科学方法论与之相适应。为此作者曾在一九八〇年全国科学方法论第一次学术讨论会上提出：以马克思主义哲学为指导，吸取现代科学哲学方法论流派中的精华，以系统论（包括系统工程）、信息论、控制论为基础，以现代数学和电子计算机为工具，对三十年代以来的科学方法进行系统的概括与总结，建立系统科学方法论，以适应这种需要。①

这种科学方法论既区别于个别学科的具体的、特殊的方法，又不同于哲学方法。我们称它为一般科学方法的方法论。它是普遍适用于科学研究的方法。是一种概括程度较高、适用范围更广的科学方法论，它具有跨学科性质，它与数学方法，逻辑方法一样，对自然科学、社会科学都适用。它是从具体科学中提炼出来的一般科学法方法，又可以为丰富、发展哲学方法提供素材。但它本身并不是哲学方法。我们既不能用系统科学方法论代替哲学方法论，也不能用哲学方法论取代系统科学方法论，从而抹杀系统科学方法论在方法论研究中的应有地位。

① 魏宏森《系统科学方法论导论》人民出版社 1983 年

三、系统论、信息论、控制论与辩证唯物主义的关系

“三论”的产生与应用，不仅促进科学技术的发展，也对哲学产生了极大冲击，对马克思主义哲学提出许多富有启发性的研究课题。在国际学术界曾有人提出：系统论、信息论、控制论是现代科学技术的生长点。这一比喻是符合现代科学技术发展的现实的。目前许多事实证明：“三论”的产生与应用也为丰富、发展辩证唯物主义提供了大量素材，恩格斯曾在十九世纪末指出：“随着自然科学领域中每一个划时代的发现，唯物主义也必然要改变自己的形式”。① “三论”的出现客观上为实现这种转变创造了条件。如果说，十九世纪中叶能量守恒，细胞学说，达尔文进化论科学上的这三大发现是马克思、恩格斯创立辩证唯物主义的基础的话。那么，人们完全有理由认为，一百年后“三论”的产生和应用与相对论和量子力学一样，为辩证唯物主义的发展提供了现代科学技术基础。突出地表现为以下几个方面：

（一）为丰富、发展辩证唯物主义哲学范畴提供素材

客观世界在不断地发展变化，反映这种变化的科学范畴与哲学范畴也必然要不断地充实和发展。辩证唯物主义在其历史发展的每一个阶段上都应该对自己进行分析。不断地弄清它已拥有哪些范畴，找出它们之间的内在联系。根据对社会和科学发展提供的新资料做认真的分析，不断充实辩证唯物主义的

---

① 恩格斯《路德维希·费尔巴哈与德国古典哲学的终结》《马克思恩格斯选集》第四卷第 224 页

规律和增添新的哲学范畴。“三论”中的系统、信息、控制等概念是对客观世界事物现象的最普遍、最重要的属性、特征、联系及关系的最新科学概括，是对部分与整体、形式与内容、原因与结果、偶然与必然等哲学范畴的丰富和深化。这些都为我们引伸出唯物辩证法范畴提供自然科学基础。只要我们在马克思主义指导下对这些科学范畴经过一番提炼、改造制作的功夫，使其能反映事物之间的辩证关系，能具有更广泛，更普遍的意义，便可为辩证唯物主义范畴增添新的内容。因为这些范畴比其他科学范畴来说具有以下几个明显特征。

第一，系统、信息的概念与一切哲学范畴一样具有最广泛、最深刻、最高度的概括性。

现代科学揭示的无数事实证明：客观世界的一切事物，过程，以至整个世界都是有机联系的整体。从微观到宏观，从无机界到有机界，从原生物到人，从自然界到人类社会，这些都是由不同要素，以一定的结构和层次相互联系，相互作用着的，具有一定功能的有机整体。“系统”这一概念是对世界上一切事物和现象的这一共性——系统性、整体性的高度概括。它反映了一般存在的诸规定性及其内在联系的总和。它深刻揭示了一般存在诸规定性或要素的内容；揭示了一般内部诸规定性的内在联系形式即系统的结构；以及在一定结构中诸规定性联系的层次——系统的层次性。它不仅适用于物质世界和精神世界中某一狭窄的方面，而且适用于人类社会、自然界和思维领域中的一切现象和过程。“系统”已成为适用于自然科学和社会科学外延最宽、高度概括性的哲学范畴。

与此相联系的信息概念则是对世界上一切事物和现象的共性——相互联系的复杂性、有序性和差异性的高度概括，是物质普遍联系的一种属性。现代科学不仅证明客观世界的系统性，

而且揭示了系统内部、系统与系统之间联系的复杂程度，有序程度和差异程度，完全可以用信息来表示并加以定量的分析。它揭示了无机界、有机界、人类社会和人类思维运动中的联系的特殊形式。信息已成为表示客体的变化和客体之间相互差异或关系的重要标志。它与系统一样是一个最广泛、最深刻、最高度概括性的哲学范畴。

第二，系统和信息范畴与哲学范畴一样具有人们认识活动的最基本的支点的主要特征，既是认识的总结，又是认识的手段。系统和信息是反映客观物质世界的一种重要的思维形式，有着重要的认识论和方法论意义。它们已不同于某门具体科学的范畴，而已成为科学思维的一种普遍形式。它们都是人们在改造客观世界的长期实践活动中，在丰富的经验材料的基础上，概括事物的本质方面而形成的。它们是人们总结认识客观世界存在的整体性、系统性和事物相互作用的复杂性、有序性、差异性的成果，标志着人们认识进一步深入到事物本质基本过程的新阶段。它们的出现是人类征服自然的成果的结晶，是人类认识和改造世界征途上所取得的新进展。同时系统和信息范畴也为人们进一步更深刻地揭示事物的本质提供了依据，成了人类认识发展过程的基本支点和人类探索客观事物规律进程中的一个阶段，成了人们认识和改造世界的方法和工具。系统范畴丰富和深化了人们对物质的认识。它使人们进一步认识物质世界的系统性、整体性。认识事物的不同结构和层次。而信息范畴则丰富和发展了物质、运动等范畴，使人们对物质运动有更深入的了解。从本质上来看，信息反映了物质之间相互联系、组织程度以及它们各自的差异性。是物质的一种属性或高级运动形态。既不同于物质的实体，亦不同于物质的运动，但又离不开物质和运动。今天信息的概念已渗透到社会生产和人们

生活的各个方面。可以毫不夸张地说，今天人们如果离开了信息就无法生活，离开了信息就不可能有现代工业、现代农业、现代科学技术与现代国防。就不可能有现代的社会，人类社会就不能发展。

由此可见，系统与信息范畴具有一切哲学范畴的基本特征，可以改造成为新的哲学范畴。

（二）为发展辩证唯物主义世界观提供了现代自然科学基础

世界是物质的。物质是在空间和时间中永远按照自己固有的规律运动着、发展着的。人们往往称这些为辩证唯物主义的物质观，运动观、时空观。系统论则把所考察的客观物质世界的任一“客体”或“事物”作为由要素组成的有机整体——系统来对待；认为系统具有不同于组成它的诸要素的新的属性；要素与系统的关系是相对的，可以相互转化的。某一系统又是组成更高一层次的要素，而且系统一般是指开放的动态系统等。用这种观点去观察世界，更加充分、全面、深刻地揭示物质世界相互联系、相互作用的本质联系，揭示物质世界的固有属性——系统性。我们把这种观察世界的观点称作“系统观”。这样我们就能对在时空中运动着的物质有更深刻更具体的理解。这是对辩证唯物主义世界观的重要补充，

人类科学技术史、与哲学史、思想史告诉我们，早在古代就有系统观的萌芽。无论在中国古代还是古希腊、罗马的哲学著作中都可以找出证据。那时的系统思想，系统观寓于朴素的唯物论辩证法之中。

古希腊朴素辩证法的奠基人赫拉克利特（约公元前540—480年）在《论自然界》一书中说：“世界是包括一切的整

体”。认为世界万物都是在永不停息的火的变化中作有规律、有秩序的运动。“土死生水，水死生气，气死生火；反过来亦一样”。古代原子论的创始人德谟克利特（公元前 460—370年）对物质的结构作了探讨，认为一切事物是都由原子和空虚组成的。他还著有《世界大系统》一书，这是最早采用“系统”这个词的著作。唯心主义者柏拉图则以他的理想国方案表达了他的系统思想。他提出：理念世界是在“善”的理念统率下的一个等级系统。被马克思称之为“古代最伟大的思想家”的亚里士多德的系统思想对系统论的形成更有着重大影响。贝塔朗菲说：“亚里士多德的世界观及其固有的整体论和目的论的观点就是这种宇宙秩序的一种表达方式。亚里士多德的论点（整体大于它的各部分的总和）是基本的系统问题的一种表述。至今仍然正确…………，基本的系统问题至今尚未过时”。①

我国古代朴素的唯物论和辩证法中亦蕴育着系统思想。《易经》中的八卦说和《洪范》篇中的五行说就是运用系统观点去看待世界事物发展变化的朴素的自然观。系统思想与系统观在中国古代不仅自发地运用系统观点去考察自然现象，这在许多哲学家们的著作中有所阐述。而且还用这种观点去改造自然。战国时（公元前 250 年）秦国太守李冰父子主持修建的都江堰水利工程就是生动的例证。都江堰由“鱼嘴”岷江分水工程，“飞沙堰”分洪排沙工程，“宝瓶口”引水工程三项巧妙结合而成。这三个主体工程与 120 个附属渠堰工程形成相互联结的有机整体，缺一不可。没有“鱼嘴”工程就不可能把大量沙石排入外江；没有“宝瓶口”的束水作用和宝瓶口的附属部分离堆的顶托就不会形成回旋流，泥沙就过不了“飞沙堰”。

---

① 贝塔朗菲《普通系统的历史和现状》转引自科学学译文集、科学出版社 1980 年版第 305 页

而没有“飞沙堰”，“宝瓶口”就会被沙石阻塞，内江之水就无法流入成都平原。正因为都江堰这个整体发挥了三个孤立部分发挥不了的作用，所以才能分导汹涌的岷江急流，使它驯服地灌溉十四个县五百多万亩农田，并经受了两千多年的考验，至今仍能发挥出巨大效益。

到了近代，这种系统观被机械唯物论和近代辩证法所继承和发展，这在笛卡尔、康德、莱布尼茨和黑格尔的哲学体系中有所体现。莱布尼茨在单子论中提出的单子等级与现代系统论等级很相似。他还认为：任何事物都是在联系中显现出来的，都是在系统中存在的。系统联系规定每一事物，而每一事物又能反映系统联系的总貌。他的系统观对控制论和系统论的形成有着极大的影响。康德在他的《纯粹理性批判》中第一次提出人类知识的系统性。他把知识理解为一种有秩序、有层次，有一定要素组成的统一整体。他用整体性，目的性来对待和研究事物。他的整体论和目的论包含了系统观。黑格尔是近代辩证法大师，他是哲学史上第一个全面地、有意识地叙述辩证法一般运动形式的哲学家。在他阐明和运用辩证法原理时，亦迸发出他的系统思想，表达了系统观，并以此为指导，构造出完整的哲学体系。正因为如此，在他的哲学体系中不是简单地列举哲学范畴，而是把它们放在系统的形式中加以考察，力图揭示它们之间的内在联系，从一个推出另一个。他用“逻辑学”、“自然哲学”“精神哲学”三部分，一环扣一环地系统地描述了绝对精神的辩证发展过程。当然这种系统观亦隐晦在他的唯心主义哲学体系之中，成为一种神秘的东西。

十九世纪下半叶随着科学技术的发展，特别是自然科学中的三大发现，揭示了客观世界的普遍联系。系统概念、系统思想以整体观念和联系观念为特征，包含在马克思、恩格斯创立

的唯物辩证法之中。系统观成了辩证唯物主义世界观的重要组成部分。马克思，恩格斯在他的著作中曾多次使用过系统的概念，并实际运用系统观点，系统方法作具体的科学研究工作，在他们的许多著作中都有体现。恩格斯明确指出："我们面对着整个自然界形成一个体系，即各种物体相互联系的总体"。他运用这一思想，根据当时科学发展提供的材料，按照物质运动形式的区别及固有次序从简单到复杂，由低级到高级来区分和排列各门学科。把世界各种物质运动概括为机械的、物理的、化学的、生物的、社会的五种基本运动形式。力图以"近乎系统的形式描绘出一幅自然界联系的清晰图画"。马克思把系统观运用去分析社会问题，这在《政治经济学批判》序言和导言以及《资本论》等著作中都有充分的体现。他在《政治经济学批判导言》中用系统观揭示了社会经济形态(社会机体)发展的自然历史规律。以五种社会形态依次更替前进，科学而清晰地描述了社会发展的系统形式。今天我们研究系统论的一个重要任务，就是要联系现代科学发展的现实，深入研究马克思主义原理，进一步把系统观上升为辩证唯物主义世界观的理论高度来加以论证。

（三）为发展辩证唯物主义的认识论提供了科学依据和实验工具

人类的一切活动归根到底就是认识世界和改造世界的实践活动。要改造世界首先必须认识世界。认识世界就是通过感觉器官感知周围世界，认识具体事物的存在方式和运动状态。运用系统理论的系统，信息和反馈等方法，可以把整个认识过程和思维活动简化为一个信息反馈系统。图示如下：

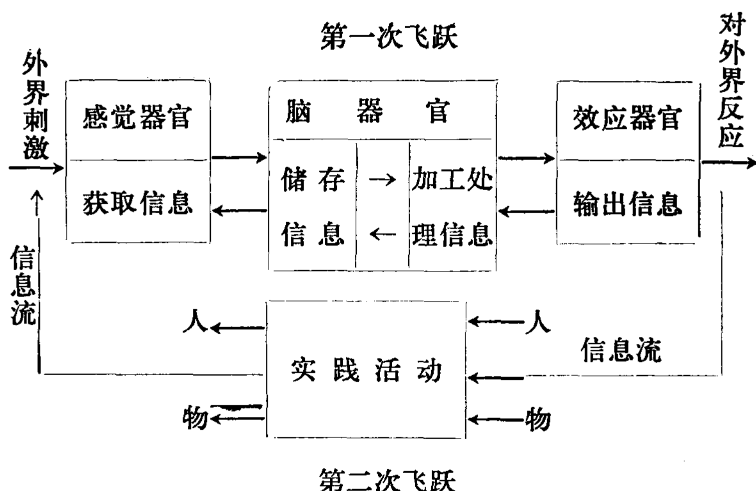


图 3

辩证唯物主义的认识论是革命的能动的反映论。它揭示了人类认识过程的客观规律，揭示了从物质到精神，由精神到物质的辩证途径。正如列宁指出："从生动的直观到抽象的思维，并从抽象的思维到实践，这就是认识真理、认识客观实在的辩证途径"①按照系统理论的思想和方法构造的上述认识模型，把人的认识过程和实践活动理解为从外界获取信息，再将信息送到大脑中存储（即记忆），同时经过大脑的思考即信息的加工处理，交换、形成概念…………这就是思维活动的过程。再将得到的认识、判断、决策通过效应器官（嘴、手、脚、眼等）输出信息，对外界作出反映。这时信息流指挥人和物作用于客

① 《列宁全集》第 38 卷第 181 页

观世界，这就是人们的实践活动。人们通过实践检验自己的认识是否正确，通过反馈信息再送回来作比较，修正以影响下一步的思维活动和实践活动。当然认识的结果也可以暂时不输出，储存在脑中。这种解释人们认识的模式。不仅坚持了辩证唯物主义认识论，即从物到感觉的认识路线。而且，还可以对认识的两个过程得到更深刻的理解。它从信息的观点比较具体地回答了人们如何实现第一次飞跃和第二次飞跃的。为人们科学地定量地用实验方法研究认识活动提供了条件、为发展辩证唯物论的认识论提供了科学依据和实验工具。目前人工智能取得的成果就是生动的例证。例如：在 1979 年六届国际人工智能会议上，美国卡勒奇一梅农大学心理系教授帕特·兰利提出的“培根-3”程序，它可以在计算机上模拟人类科学发明的过程，并能再发现物理学定律。它用一种启发式程序，可以接受从观察直接得来的数据，用不同级别来描述这些数据，再用一些规则检测出数据中的若干不变性和趋势，推导出某些假设和公式，给出理论项的定义。再运用多方面的经验，以相同的条件来判断各种假设，略去相类似概念之间的差别，略去无关紧要的变量。最后发现物理学中的理想气体定律（波意耳定律），发明刻卜勒第三定律，库仑定律，欧姆定律和伽利略的单摆和加速度定律。并给出这些定律的表达式。这个例子用信息方法具体地说明了人是如何实现由感性到理性的第一次飞跃的。尽管这只是初步的，而且还只停留在形式逻辑的范围内。人们还可以用这种模式，从人工智能的实践中找到科学地解释人们从理性到感性的第二次飞跃的例证。目前出现的计算机教师能独立地辅导学生，回答问题，批改作业。计算医生可以根据病情，开出合适的药方，水平相当于一个有经验的医生。还有会积累经验。能打败名手的电子计算机跳棋大师。这都是模拟人在实践活动

中自学习、自组织、自适应的能力。人是靠思想指导自己的行动，实现由理性到感性飞跃的；而机器人则完全是靠信息实现控制按预定目的动作的。这些都是对第二次飞跃的近似的模拟。这种模拟可以帮助人们得到理解人对客观世界反应的能动过程。所以我们说系统理论为人们提供了研究认识活动的新模式。为发展辩证唯物主义的认识论提供了科学依据和实验工具。

以上只讨论了人作为个体的认识过程，实际上人的认识是离不开人类这个群体，离不开社会实践，如果用信息方法以及信息论中的其他观点来讨论人类的认识活动，则可以将人类长期实践活动积累的文化艺术、科学技术知识看作是一个巨大的人类精神产品的信息库这时个体的认识就不是简单的接收外界刺激和个体的实践活动的反馈信息，而是必须从人类已有的信息库中提取必需的知识，以及通过语言交流从其它个体获取信息，然后再经过自己的大脑加工，再将得到的认识付诸实践。这时的实践不只是个体的实践，而是整个人类实践，以整个人类实践的反馈信息来校正，影响下一步的思维活动和实践活动，并且个人的认识不断地向信息库输送以充实人类的认识宝库。①

（四）为唯物辩证法的具体化、精确化创造了条件

辩证法是关于事物普遍联系的科学。它认为一切事物、进程、乃至整个世界都是由无数相互联系、相互依赖、相互制约、相互作用的事物和过程所形成的统一整体。系统论与信息论、控制论揭示了事物的系统联系和信息联系。即事物之间以系统的形式相互联系。通过信息的交换实现它们之间的联系。

① 魏宏森《略论系统理论与辩证唯物主义的关系》社会科学研究 1982 第6期

这就使事物的普遍联系更具体化。而且，提供了用数学模型精确地描述这种联系的可能性，找出它们之间相互作用、相互转化的数量关系。事物的相互联系、相互作用，从宏观上大致可分为三种类型：客观对象之间的相互作用，主观对象之间的相互作用，客观对象与主观对象之间的相互作用。这些相互作用都可以用信息来传递，用信息可以解释这些相互作用的过程。可见信息概念和信息方法确实能够为辩证法的具体化、精确化创造条件。通过这一渠道就使得唯物辩证法的基本规律、基本范畴更直接指导科学技术的发展。同时也丰富、发展了唯物辩证法的基本规律和基本范畴。我们只有抓住事物的系统联系和信息联系，才能更好地区分系统内部和系统外部的联系。更精确地确定系统的范围、层次、性质、存在方式和属性。才能更清楚地认识事物的本质联系和非本质联系、必然联系和偶然联系，主要联系和次要联系…………，从而深刻地揭示出事物运动、发展的规律。

以上我们只从四个方面作了简略的考察，其实由于系统论，信息论，控制论的产生和应用，已深入到人类物质生活和精神生活的各个领域，涉及许多哲学题问，甚至哲学的基本问题。许多问题是伴随着它们的诞生就开始争论，直到目前尚未获得令人信服的解释。如信息的本质是什么？是不是独立于物质和精神之外的，以至比物质和意识更为基本的独立实体？怎样理解思维？智能机器人能不能思维？是否存在人——机结合的认识主体？智能机是否会超过人？未来的人——机隶属关系如何？机器会不会统治人，奴役人？这些问题都越来越尖锐地摆在每个科学工作者和哲学工作者的面前。要求人们深入探讨，对此作出辩证唯物主义的科学解释，因此，随着系统理论的广泛应用和深入探讨，必然为丰富、发展辩证唯物主义提供

越来越多的素材。然而，在强调系统理论对辩证唯物主义产生巨大影响的时候，我们必须清醒地认识到，系统论与信息论、控制论是科学而不是哲学。两者有严格的界限，不容混淆。用哲学去代替科学固然是错误的，同样把科学与哲学等同起来亦是荒谬的。

恩格斯的系统思想是自然辩证法的重要组成部分

青敏　周济

恩格斯的《自然辩证法》、《反杜林论》等著作，从辩证唯物主义哲学的高度对当时的自然科学进行了概括、总结，科学地揭示了自然界辩证发展的图景，从而阐明唯物辩证法的规律是自然界实在的发展规律。虽然这些著作不是系统论的专著，但其中却包含了深刻的系统思想。就在恩格斯阐明自然界的辩证法、自然科学的辩证法以及认识自然、改造自然的辩证法的同时，也阐明了自然界是相互联系的有机整体，阐明了自然界以及反映自然界的自然科学的系统性。如果说马克思着重在社会历史领域揭示了系统思想的重要原则和方法，那么，恩格斯则着重在自然界和自然科学方面揭示了这些原则和方法。与马克思的《资本论》一样，恩格斯的《自然辩证法》、《反杜林论》也是体现系统原则的科学巨著。他的系统思想作为自然辩证法不可分割的组成部分，值得我们深入的发掘和学习。

（一）关于自然界辩证法中包含的系统思想

恩格斯对自然界是否存在系统性作了肯定的回答。他说："我们面对着的整个自然界形成一个体系，即各种物体相互联系的总体。而我们在这里所说的物体，是指所有的物质存在，

从星球到原子，甚至到以太粒子，如果我们承认以太粒子存在的话。这些物体是相互联系的。这就是说，它们是相互作用着的，并且正是这种相互作用构成了运动。”① 恩格斯在这里不仅指明了自然界存在着系统性，整个自然界是具有复杂层次结构的物质世界，而且还指出自然界所以能够构成系统，其原因在于各种物体的相互联系和相互作用。

更进一步，恩格斯把自然界的系统性、相互联系性与自然界的运动发展统一起来。相互作用构成运动，自然界通过各种物体的相互作用所形成的总体，始终处于运动发展之中。他说：“只要认识到宇宙是一个体系，是各种物体相互联系的总体，那就不能不得出这个结论来。”②这样，恩格斯就把相互作用原理用于认识自然系统及其运动，从而使自然界运动发展的永恒性与自然界的系统性紧密地结合起来，自然界正是在运动发展中展示自己的有机统一。

整个自然界在运动发展中展现了有机统一，是与恩格斯提出的物质与运动不可分离的原理密切联系的。

首先，恩格斯认为：“物体和运动是不可分的。各种物体的形式和种类只有在运动中才能认识，离开运动，离开同其他物体的一切关系，就谈不到物体。物体只有在运动中才显示出它是什么。…………对运动的各种形式的认识，就是对物体的认识。”③ 这是他写作《自然辩证法》的基本构思，全部自然界贯穿着一个统一的辩证发展过程，这一发展过程把自然界所

---

① 恩格斯：《自然辩证法》人民出版社 1971 年版，第 54 页，以下只注页码。

② 同上书，第 54 页。

③ 《恩格斯致马克思》 1873 年 5 月 30 日《马恩列自然辩证法文选》第 74 页。

有各个部分彼此联系起来了。

其次，恩格斯认为：从物质和运动的统一与不可分割的思想出发，每一特殊的运动形式只适应于特定的物质形态；每一物质的个别形态也只适应于一定的运动形式。机械运动形式对应于质量（天体和地上的物体）；物理运动形式对应于分子(以及假设的“以太”粒子）；化学的运动形式对应于原子；生物的运动形式对应于生命的物质负荷者蛋白质。这样一来，就把从一种运动形式向另一种运动形式的过渡，与运动形式的特定的物质负荷者向另外一种特定的物质负荷者的过渡，相互对应起来。也就是说，自然界各种水平的物质层次，都有各自相互作用方式；也有各自的运动形式。

恩格斯说：“转化过程是一个伟大的基本过程。”① 而转化是自我完成的，是自然而然地发生的。转化的根据，转化的条件，转化的能力都存在于自然界之中，自然界在各种运动形式及相应的物质形态的转化过程中，表现为相互联系的整体，形成为有机统一的系统。恩格斯还指出，自然界物质运动形式的联系和转化，是通过辩证的飞跃实现的。自然界物质系统的等级阶梯，由于辩证飞跃的联系和连续性，也由于它的差异和非连续性，而在发展中表现为由简单到复杂、由低级到高级的发展序列。

自然界系统不但在空间上展开自己的多样性，而且在时间上表现自己的历史性。运动形式的发展过程超出物理形式过渡到化学领域；化学运动的复杂化超出非生物界便进入生物界，都是在自然界演化的历史中实现的。自然界从最简单的物质形态开始，通过它们的相互作用向高一级的层次过渡。其发展趋

---

① 恩格斯：《反杜林论》人民出版社 1970 年第 11 页，以下同，只注页码。

势表现出自然系统的有序性不断提高，其发展过程表现为“进化树”形式。在化学领域内化合物分为无机物和有机物两个分支。第一个分支经过地球化学过程导致非生物界的形成；第二个分支导致生物界的形成。此后，在生物界，最初的原生物中有一些渐次分化为最初的植物，另一些渐次分化为最初的动物。最初的动物又进一步分化出无数的纲、目、科、属、种，最后发展成脊椎动物，直至人类，从而进入社会历史领域。所以，自然界始终是处于时空联系中的统一体。

自然界是依据自然规律作无限运动的一个永恒的循环。“在这个循环中，物质的任何有限的存在方式，不论是太阳或星云，个别的动物或动物种属、化学的化合或分解，都同样是暂时的，而且除永恒变化着，永恒运动着的物质以及这一物质运动和变化所依据的规律外，再没有什么永恒的东西。”① 这就是说，太阳系地球、生命和人类是无限发展的自然界在一定发展阶段上产生的，这些有限事物都是有生有灭的。整个自然界就是在这无数有限事物的产生和消灭中无限地发展着，经历着无数次的分化，展开其全部多样化，层层递进，永无止境。这里没有“神学目的”，也不会“宇宙热寂。”自然系统的无限发展总是通过相互作用的规律来开辟道路的。

恩格斯就是这样通过物质及其运动，在阐明自然界的客观辩证法中，揭示了自然界的系统性。

（二）关于自然科学辩证法中包含的系统思想

自然科学是对客观自然界的反映。随着自然科学的不断进步，不仅越来越清楚地揭示客观自然界的系统性，而且越来越表现出自然科学本身的系统性。恩格斯说：“关于自然界所有

---

① 《自然辩证法》第 24 页。

过程都处于一种系统联系中这一认识，推动科学到处从个别部分和整体去证明这种系统联系。”①这就是说，自然科学的系统性来源于客观自然界的系统性。

十七世纪的培根和十八世纪的法国百科全书派，以及十九世纪的圣西门、孔德和黑格尔都想建立自己的科学系统。他们或者主张根据人类理性能力，先天观念人为地组织科学体系；或者主张根据研究对象的外部特征机械地排列各门科学，但都不能揭示各门科学的内在联系，阐明科学系统的有机统一性。

唯有恩格斯在辩证唯物主义的基础上，正确地揭示了自然科学的系统性。他说："在上一世纪末以前，自然科学主要是搜集材料的科学即研究既成事物的科学。但是在本世纪，自然科学在本质上已成为整理材料的科学，即研究过程、研究这些事物发生和发展，研究那把自然界这些过程结合为一个伟大整体的联系的科学了。”②这里，恩格斯第一次提出了自然科学体系结构的有机统一性和相互联系原则，对当时的自然科学进行了辩证综合。

他认为，"自然科学的对象是运动着的实物”③"每一门科学都是分析某一个别的运动形式或一系列互相关联和互相转化的运动形式的。因此，科学分类就是这些运动形式本身依据其内部所固有的次序的分类和排列，而它的重要性也正是在这里。”④这就指出了物质运动及相互联系，相互转化，是自然科学体系结构的客观基础，客观自然界中运动形式固有的次

---

① 《反杜林论》第 34 页。

② 恩格斯：《路德维希、费尔巴哈与德国古典哲学的终结》人民出版社 1957 年版，第 35 页，以下只注号码。

③ 《自然辩证法》第 226 页。

④ 同上书 第 227 页。

序，是自然科学体系层次结构的客观依据。在当时自然科学水平上，他按照基本运动形式从简单到复杂、从低级到高级的顺序，把相应的自然科学力学、物理学、化学、生物学也依次排列起来，形成层次结构的体系。

这个体系的整体性，根源于基本运动形式的相互联系，相互转化，并通过各门自然科学的相互联系，相互转化而实现的。恩格斯说："正如一个运动形式是从另一个运动形式发展出来一样，这些形式的反映，即各种不同的科学，也必然是一个从另一个中产生出来。"① 正因为如此，自然科学各个部门才不是彼此孤立并列关系，而是在辩证的转化中彼此联结起来的整体。

恩格斯预见到边缘科学的存在，指出这是自然科学各个部门辩证转化的"接触点"，是科学系统序列结构的"中介"，并基于这种认识，提出在物理学和化学之间将会出现物理化学，在化学和生物之间将会出现生物化学。由于这些新的科学部门的出现，各个学科衔接起来了。科学的进一步分化，将不象从前那样导致学科间的隔离，也不导致学科间差别的加深，而恰好导致学科的彼此联系，导致它们的整体化。

恩格斯还认为，历史和逻辑是统一的。自然科学的这种系统序列结构是在历史发展中实现的。他说："必须研究自然科学各个部门的顺序的发展"② 并且认为"在自然科学的历史发展中最先发展起来的是关于简单的位置移动的理论，即天体的和地上的物体的力学，随后是关于分子运动的理论，即物理学。紧跟着它，几乎和它同时而且有些地方还先于它发展起来的，是关于原子运动的科学，即化学。只有在这些关于统治着

① 《自然辩证法》第228页.

② 同上书，第216页.

非生物界的运动形式的不同的知识部门达到高度的发展之后，才能有效地阐明各种显示生命过程的运动进程。”①

自然科学作为整体，恩格斯认为它在历史的发展中，表现出加速发展的性质。他说从哥白尼开始的近代自然科学，“其发展可以是与从其出发点起的（时间的）距离的平方成正比的。”②在《政治经济学批判大纲》中，他把人口发展与科学发展相比较，进一步说：“科学的发展则同前一代人遗留下来的知识量成比例，因此在最普通的情况下科学也是按几何级数发展的。”③ 恩格斯在这里揭示了科学发展的历史规律性，并以近乎定量的形式反映科学发展的的加速性质。

综上所述，恩格斯从自然科学体系的客观基础，层次结构，相互联系，辩证转化，发展系列，发展规律诸方面，即从自然学体系结构内部，揭示了自然科学的系统性。

恩格斯关于自然科学系统性思想，还表现在另一方面，即从历史唯物主义的角度，把它放在更大的系统中，放在人类社会实践及其它社会现象相联系中，从其与周围社会环境的关系方面，揭示自然科学的系统性，从而说明科学体系不是孤立的封闭系统，而是开放系统、动态系统。

在《自然辩证法》中，恩格斯对此作了大量的论述，可以概述为：科学是由生产实践所决定，科学实验所推动，阶级斗争所制约，哲学思想、文化、艺术、道德等所影响。生产实践、科学实验、阶级斗争、哲学思想、文化、艺术、道德等社会历史活动，通过各种渠道作用于科学，使其不断新陈代谢，永远在运动中保持其美妙的青春。科学发展的历史序列性，也

① 《自然辩证法》第 53 页。

② 同上书，第 8 页。

③ 《马克思、恩格斯全集》第一卷，第 621 页

就在与社会历史的联系中表现出来。

由于社会历史条件不同，各个历史时期的科学就其规模、范围、成熟度、研究对象，研究方法和思维方式都有所不同。科学随着社会历史的发展而发展，在历史的进步中表现出科学的动态性，阶段性和有序性。

以上，从科学的内部结构和外部联系两个方面，可以看出，恩格斯具有自然科学系统性的思想，他实际上已把自然科学看作有层次结构的开放系统。

（三）关于自然界与社会的辩证法中包含的系统思想

恩格斯认为，自然界与人类社会这两大系统是相互联系、相互作用的。也可以说，它们组成了一个更加巨大的“自然——社会”系统。这种联系表现在以下几个方面：首先表现在发生学上，恩格斯说：人类社会是由自然界“分化产生的”① 而劳动在这个分化过程中起了“决定性的作用”。② 再则表现在现存的联系上，一方面“我们连同我们的肉、血和头脑都属于自然界，”“我们和自然界是一致的”；另一方面，“人对自然界进行改造的反作用”③ “使自然界为自己的目的服务，来支配自然界”。④ 最后，表现在发展的趋势上。随着人类社会生产水平不断提高、科学技术不断进步，人类认识自然，改造自然的能力不断增强，人类社会一方面越来越脱离狭义的动物界，另一方面，社会和自然这两大系统的关系也愈来愈紧密。人们不仅要估计“比较远的自然影响”还要“估计比较远的社

① 《自然辩证法》第 18 页。

② 同上书，第 149 页。

③ 同上书，第 159 页。

④ 同上书，第 158 页

会影响。”①而“只有一种能够有计划地生产和分配的自觉的社会生产组织，才能在社会关系方面把人从其余的动物中提升出来。”② 从而更好地认识自然、改造自然。那种根据生物生存斗争学说来构造社会系统模式的社会达尔文主义是错误的，只有科学社会主义才能揭示“自然——社会”这一宏观系统的最优结构。

恩格斯明确指出了人与自然界的相互关系，预见到生态系统问题，指出人类改造自然的实践活动必须尊重客观的自然规律，尊重自然生态系统的整体性，尊重自然和社会的相互联系性。“自由王国只有建立在必然王国的基础上，才能繁荣起来。”③ 他用美索不达米亚、希腊小亚细亚等地居民毁林开荒造成水土流失，土地荒芜；阿尔卑斯山的意大利人砍光森林从而摧毁了牧场，山泉枯竭，洪水泛滥；欧洲传播种马铃薯，从而也传播了瘰疬症，借以说明“我们对自然界的整个统治，是在于我们比其他一切动物强，能够认识和正确运用自然规律”。④如果不尊重自然规律，破坏生态系统的平衡，就会受到自然界的报复。

如何才能按客观自然规律办事呢？恩格斯指出：一方面“经过长期的常常是痛苦的经验，经过对历史材料的比较和分析”，而“逐渐学会认清我们的生产活动的间接的，比较远的影响，因而我们就有可能去支配和调节这种影响”；另一方面，“单依靠认识是不够的。这还需要对我们现有的生产方式，以及和这种生产方式连在一起的我们今天的社会制度实行完全

① 《自然辩证法》，第 159 页

② 同上书，第 20 页。

③ 《马克思、恩格斯全集》第 25 卷第 127 页。

④ 《自然辩证法》第 159 页。

的变革。”①这就是说，改造自然与改造社会这两种实践活动是相辅相成的。为了更好地改造自然，提高人类生产活动的能力，就必须改造社会，调整社会生产关系，变革一切束缚生产力发展的社会制度；而优越的社会制度能促进社会生产力的发展，增强人类社会改造自然界的能力。恩格斯从自然界和社会的相互联系的系统发展，说明社会主义产生的历史必然性，这是恩格斯对科学社会主义的又一伟大贡献。

（四）恩格斯系统思想的主要特征

综上所述，从哲学基础、思想内容、方法论原则这几个方面看，恩格斯的系统思想具有以下一些主要特征：

第一，恩格斯的系统思想是建立在马克思主义哲学的基础上的。

恩格斯关于物质世界普遍联系及其整体性的思想，也就是系统思想。他把世界的真正统一性在于它的物质性，物质和运动不可分离、基本运动形式及其相互转化、时间和空间是物质的存在形式，辩证法是普遍联系的科学等一系列辩证唯物论的基本原理，作为自己系统思想的哲学基础，他把客观世界的系统原理和唯物辩证法的发展原理有机地统一起来，从事物的连结、联系、运动、发展去考察系统整体，他从辩证自然观出发，提出了宇宙系统的演化序列：原始星云、太阳系、地球，生命和人类社会，指出在其发展演化的历史形态中呈现出从低级到高级、从简单到复杂等级秩序性。

第二，恩格斯的系统思想是建立在当时自然科学基础上的辩证自然观的一种表现形态。

从上可以看到，恩格斯关于自然界的辩证法、关于自然科

---

① 《自然辩证法》第 160 页。

学的辩证法、关于自然与社会的辩证法中所包含的系统思想是极为丰富的，其中贯穿着内在的逻辑联系：在辩证唯物主义哲学的指导下，依据自然科学事实，考察了客观自然界的运动发展，物质运动的不同层次和不同层次之间的相互转化，从而揭示了客观自然界的系统性；而这种客观自然界的系统性又反映在自然科学的系统性上；人们按照自然科学对客观自然界的系统性的认识，从事改造自然的社会实践；为此，必须同时改造社会，使“自然——社会”这一复合系统最优。可见，恩格斯的系统思想就其内容来看，是着重从自然界的普遍联系及整体性来说明客观自然界的辩证法、认识自然的辩证法和改造自然的辩证法。他的系统思想是与自然辩证法紧密相连的，是在辩证自然观和科学观的高度上展开的。是“唯物主义的自然认识体系”，①是建立在当时自然科学的基础之上的，它不同于以后的现代系统理论。

第三，恩格斯的系统思想是他研究自然辩证法的重要方法论原则。

恩格斯认为，唯物辩证法的规律“是从自然界和人类社会的历史中抽象出来的”因而对于科学研究也是“有效的”。②这就是说，唯物辩证法既是科学的世界观，又是科学的方法论。恩格斯唯物辩证法的系统思想既反映了客观自然界的整体性和相互联系，表现了马克思主义的辩证自然观，同时，这种对客观自然界系统性质的认识又是他从事自然辩证法研究，表达自然辩证法思想，构成自然辩证法体系的重要方法和手段。他说：“把大量积累的、纯粹经验主义的发现予以系统化的必要性，就会迫使理论自然科学发生革命，这场革命必然迫使甚至

① 《自然辩证法》第 175 页

② 同上书，第 46～47 页。

最顽固的经验主义者也日益意识到自然过程的辩证性质”。①

恩格斯的系统思想作为一种辩证的思维方法，就是把自然界作为有机整体加以认识，在其总的联系和普遍的相互作用中去理解。他认为高度的有组织的自然界是活生生的，矛盾的统一体。由矛盾推动有机整体的运动和发展，产生出它的各个环节，各个阶段。

总之，恩格斯的系统思想，是建立在马克思主义哲学基础上的辩证自然观的表现形态和思维方法，是人类系统思想发展史上极为重要的一环。

---

① 《反杜林论》第 11 页

系统的结构与功能初探

黄麟雏　邹珊刚　李继宗

任何系统都具有一定的结构。系统的结构是系统保持整体性以及具有一定功能的内在根据。因此，探讨系统结构与功能问题是理解系统基本性质的一个重要环节。本文就这一问题提出一些粗浅看法：

一、系统的结构及其特性

结构作为系统论的一个基本范畴，指的是系统的"部分的秩序"，①或者说，是指系统内部各组成要素之间在空间或时间方面的有机联系与相互作用的方式或顺序。任何系统的要素都按照一定的次序排列和组合。系统有序性愈高，结构也愈严密。而且结构有多维性，如空间结构具有三维性，时间结构具有一维性，人的知识结构则包含着知识的多维性。如：自然知识、社会知识、生活知识、逻辑知识、外语知识等等。在描述实际物理系统时，往往把时空联系起来，就变成四维结构，描述的参数愈多（如再加上温度、压力……等），维数也愈多。

任何系统所具有的整体性，都是在一定结构基础上的整体性。仅有要素，还不能说就组成系统，要素仅是组成系统的必

① [美]贝塔朗菲：《一般系统论导论》，《自然科学哲学问题丛刊》，1973年第3期

要条件，而不是全部的条件。系统是在要素基础上，以某种方式相互作用，即形成整体结构，这时才具有系统的整体性。而无组织的综合，虽然也同样当作整体，但这种整体内部各个组成部分之间不具备一定的组合方式。这种综合只是量的叠加，没有形成系统的结构。这里应当说明，当我们指出无组织的综合的整体与有结构的系统的区别的时候，仅是在一定相对意义上说的。在一定范围内是无组织综合的整体，在更大范围内，就可能转化为有结构的系统整体的一部分。象自然界经常遇到的，降雨开始，雨水的积聚，可以看作一种雨点的无组织的综合整体。但当滴滴流水，汇成滚滚大江和地下水网，甚至导致江河改道的时候，小滴汇成的水流，就转化为有一定结构的江河流域的组成要素。在城市交通中，当马路出现红灯时，一大群自行车、汽车、卡车都暂时停在交通线前面。这时车辆排在一起，带有很大的偶然性。在交通线之前，每次暂停的车辆数量也经常变化，这是一种无组织的综合。但从交通系统来看，川流不息的车辆，每段期间车辆经过多少，其中汽车多少，自行车多少，不同地段和时区的变化又均有一定的规律。而车辆在交通线之前，先到者排于前，后到者排于后，服从交通秩序，这也是交通系统的特殊排列方式。现代城市交通系统正是依据这种有规律的结构变化进行分散控制，规定了各个地段各个时区开放红绿灯的时间，从而使整个城市交通更加井然有序，运行效率更高。所以从交通系统的角度来看，在红灯出现时，某一地段那几辆车辆，就由无组织的偶然综合的整体 转化为有结构的城市交通系统的要素。而在另一种情况下，有结构的系统，同样可能转化为无组织的综合。象生命机体的死亡，房屋的倒塌，这些从更大的自然系统角度看，则是属于处于中间层次（生命机体、房屋）的子系统的解体，还原为大自

然系统的个别要素，或是更低一级的结构。这时，从生命的角度看，尸体已成为无组织的综合整体；而一堆瓦片已失去房屋的结构。

总之，系统论的结构概念所揭示的是系统要素的内在的有机联系形式，而作为系统的结构，还有它的特性。研究和探讨这些特性对于认识系统的结构是十分重要的。

结构的稳定性

这是系统存在的一个基本特点。系统之所以能够保持它的有序性，就在于系统各要素之间有着稳定的联系。而稳定是指系统某一状态的持续出现，可以是静态稳定，也可以是动态稳定。外界干扰可能会使系统偏离某一状态，产生不稳定。而干扰消除,又恢复原态,继续出现稳定。作为系统结构的稳定性，则是指系统总是趋向于保持某一状态。另一方面，系统中各要素之间，只有稳定的联系，才构成系统的结构。所以结构稳定又是系统稳定的前提。但系统结构中各要素的稳定联系存在着不同的类型。一类是平衡结构；一类是非平衡结构。①

对于平衡结构的整体系统，各构成部分之间的联系排列方式是相对不变的。象晶体系统，这类系统各个要素有固定的位置。其结晶体的物性依晶体内部原子或分子的排列方向而异，即各向异性。其结构稳定性非常明显。一旦晶体结构形成，其系统内部的分子原子相互作用不会随时间而改变，

对于非平衡结构，则与晶体结构不同。这类系统结构经常保持着一定的对外界的活动性和功能。但这类结构也存在两种情况，一种是结构严密有机程度的系统，其系统中各要素的结合虽不能随便改变，但又仍保持着系统与外界经常的物质和能

① 普里高津：《从存在到演化》，《自然杂志》1980年第1期。

量交换的特点，即是动态稳定。而结构的动态稳定则是这种系统能够自我保持并对环境发挥功能的一个必要条件。以生物体来说，是属于非平衡结构，决定生物体的遗传基因如果发现突变，就会导致生物体的变异。而决定生物体的血红蛋白的结构基因如果发生突变，则会造成遗传性的贫血症。所以生物体要正常生长就不能破坏它的稳定结构。生物体任何一个基因的改变，将会影响整体循环的正常运转，造成疾病以至死亡。当然还要看到另一方面。因为往往系统稳定结构的微小变化又是系统引起进化的原因。本世纪五十年代以来生物学进入了从微观水平上揭示生命活动现象和规律的新时期，出现了一种分子进化学说。认为根据核酸、蛋白质分子一级结构上的微小变化，就可以说明生物性状的所有变异，进而说明进化的原因。所以研究动态系统的结构稳定性与变异性如何相辅相成，则是现代生物学以至其他科学的重要课题。

非平衡结构还有另一种情况，对于那些非严密结构的系统，其结构稳定性又有不同的表现。象生态系统中，哪一只蜜蜂传播哪一朵花的花粉，这是随机变化着的。这类生态系统中的蜜蜂、花粉，不象人体器脏那样有着相对固定不变的位置，更不象晶体系统那种平衡结构。那么是否也能说存在结构稳定性呢？其实花粉的传播，虽然是随机的，但花粉传播离不开蜜蜂。蜜蜂、花蜜、花粉，这是这个生态系统的三个基本要素，它们的联系是有机的，保持着一定的联系方式；蜜蜂采蜜，传播了花粉，这个过程是有序的。在采蜜过程中，偶然的，随机的联系背后，又隐藏着必然的，有序的方面。蜜蜂、花蜜、花粉三者的联系，是生态系统中一种特殊的联系状态。这种联系状态的持续出现，蜜蜂和花丛才能繁衍后代。这也是属于系统结构稳定性的一种表现。而所有非平衡结构的稳定性都是属于动稳

定。

但系统结构稳定性与规律又有新的不同。结构稳定性虽然是客观规律性的一种表现形式，而它强调的是系统内部要素的稳定的有机联系方式。一旦外界干扰超过该系统稳定性范围，则依干扰的程度，系统将保持、改变甚至丧失它的结构。此时原来系统将解体并转化为新的系统。所以结构稳定性所研究的只是着重于系统内部各要素的有序联系方式，不研究系统的外部关系。而规律却不同。它所揭示的则在于一切本质的必然联系，包括系统内部与外部，包括要素系统与环境之间的本质联系，不在于研究系统结构的联系方式，而在于研究系统变化的根本原因。所以结构稳定性和规律虽然有关，但却不能等同。

结构的多层性（或称等级性）

与物质运动的基本形式相适应，也存在着系统的基本结构形式，有机械结构形式，物理结构形式，化学结构形式，生物结构形式，社会结构形式。以生物运动结构形式来说，又可分为七个结构层次，①即亚细胞、细胞、器官、机体、群体种，群落、生物圈，每个层次都同样遵循着辩证法普遍规律，以及生物运动规律和每个结构层次的特殊规律。

也有人按照系统的结构与功能的关系特点来划分系统的结构层次。一般系统论的创始人贝塔朗菲就提出过保尔丁的等级秩序一般图式。②保尔丁按照系统结构与功能特点的不同层次来划分系统的等级秩序。他把结构分为几个层次：1.静态结构。从原子、分子、晶体到生物结构。2、时钟结构。如钟表、

---

① [苏] YKOB《科学知识结构中的一般系统论的控制论》《世界科学》1981年第4期。

② 参看[美]L.冯.贝塔朗菲《一般系统论导论》，《自然科学哲学问题丛书》1979年第3期。

一般机器到太阳系。3．控制结构，如实验室、车间、住房的恒温装置，机器中的液压伺服机构。4.开系统。如火、细胞和一般有机体。5．低级有机体。6．动物。7．人。8．社会文化系统。9．符号系统等。

由此可见，所谓系统的结构层次，只不过是把复杂的客体系统，按照系统中各要素联系的方式，系统运动规律的类似性，或是人类认识尺度的大小，以至能量变化的范围和功能特点等等来划分，这种划分是人们正确认识客体系统的一种手段和方法。

结构的相对性

客观世界是无限的。系统的结构形式也是无限的。在系统结构的无限层次中，高一级的系统内部结构的要素，又包含着低一级系统的结构。复杂大系统内部结构中的要素，又是一个简单的结构系统。结构与要素是相对于系统的等级和层次而言。例如在联合国的成员系统中，每一个国家都是一个要素，而每一个国家实际又是一个大系统。一个国家中的省、市、县，相对于高一级系统是要素，而本身又是一个结构系统。甚至在生物体中，每一个细胞是一个要素，但是在细胞王国中，又包含着生命大分子的复杂结构。总之，系统结构的层次性，决定了系统结构与要素的相对性。把握了这一点，则人们在认识事物时，可以减少简单化和绝对化，即注意到把一个子系统看作大系统结构中的一个要素来对待，以求得统一的步调。又注意到一个子系统不仅是大系统中的一要素，它本身又包含着复杂的结构，不能一刀切，要注意区别对待。但一般说来，高一级的结构层次对低一级结构层次有着重大的制约性。而低一级结构又是高一级结构的基础，它也反作用于高一级的结构层次，它

们之间的关系是辩证的。

结构的开放性及可变异性（或动态性）

任何系统的结构，不会是绝对封闭和绝对静态的，任何系统总存在于环境之中，总要与外界进行能量、物质、信息的交换。系统的结构在这种交换过程中总是由量变达到质变，这就是系统结构的开放性。以元素来说，每一种元素都有一定的结构。在人们已发现的107种元素中，属于地球上存在的天然元素有 91 种。但任何一种元素的结构都不是一成不变的，而是随着元素与外界的相互作用而不断处于异化的过程。不同元素的开放性程度是不同的。有些元素的结构极不稳定，半衰期极短。如 107 号元素 $[107]^{261}$半衰期只有 2 毫秒。而有的元素半衰期达几十亿年，甚至更长。在地球演化过程中有一部分半衰期在 10^{6}—10^{10} 年的元素，其结构发生过天然的核转变，为地球演化提供了能量。所以从原则上说，没有一种元素，它的结构是绝对不变的，只有开放性程度的差别而已。前面指出系统结构的稳定性是相对的，这里阐述的系统开放性及可变异性则是绝对的。

其实在社会生活中，我们就可以找到很多的例子。每一时代的就业结构都是开放性的。随着社会制度、科学技术的管理的革命，使社会劳动生产率不断提高，社会分工也不断变化，这是一个普遍的现象。以美国来说，第二次世界大战后，劳动就业结构经历了很大变动。 1950 年美国农业就业人数占总就业人数 11.8%，每个农业劳动力可以养活 17 人。 1973 年每个农业劳动力能养活 62 人。到 1976 年，农业就业人数降低到占总就业人数的 3.8 %而美国物质生产部门的就业人数比重也从 1950 年 53.2% 下降到 1976 年的 39.2% 。多余的

人干什么呢？都转移到非物质生产部门去了。非物质生产部门的就业人数比重从 1950 年 46.8%到 1976 年上升为 60.8%，这就是社会就业结构的变化。历史上，劳动力的重新组合是经常发生的。机械化、自动化都带来过劳动力就业结构的大改组。而一个国家经济制度的调整和改革，同样是以生产力发展为基础，而且也必然伴随着就业结构的变革，这是不可避免的。

“学无止境”。按系统观点来解释，就是指人的知识结构也是开放的，动态的。既不断吸收新的知识，又有许多知识被淘汰。一个人在学校学到的知识，经过几年之后，有许多老化了，要大量补充新的知识。有人统计，一些发达国家七十年代知识废旧的速度比四十年代加快了一倍。[①] 所以现在先进的行业，都有一个共同特点，就是很重视组织职工和技术人员坚持在职学习。一个学生在专科学校或大学学到的知识总是有限的。有人分配到基础研究部门，他要大量补充新的基础知识；分到实际应用管理部门，要大量吸收新的技术管理知识。人类知识的发展，是一个无穷尽的宝库，新的东西层出不穷。不注意知识结构的开放性，自我封闭，就要落后。知识结构的开放性正是由于人的认识变化要与实践变化相适应，认识的目的在于为实践服务，因而知识结构要随着发展着的实践需要而相应发展这一基本关系所决定的。所以一个人工作到老就要学习到老。

一句话，不论自然界、社会还是一个人，任何系统的结构在本质上是开放的，总处于不断异化过程，这是系统与变化着的外界相互作用的必然趋势。而目前的结构状态，则是系统中各组成要素相互作用及系统受周围环境影响的结果。同时，目前的结构状态，又是形成未来的新结构的基础。马克思在分析社会经济结构时就是坚持了社会生产力的变化将引起社会经济

① 见陕西日报 1980 年 1 月 15 日《“知识废旧率”浅议》一文。

结构发展变化的观点。他指出："我的观点是：社会经济形态的发展是一种自然历史过程。"并且说："甚至在统治阶级中也已经透露出一种模糊的感觉：现在的社会不是坚实的结晶体，而是一个能够变化并且经常处于变化过程中的肌体。"①这一基本思想同样适于指导我们认识一切系统结构的动态性和开放性。不论是研究经济结构，还是其他系统结构，都必须注意系统结构内部中各要素相互作用的动态性。更不能忽略系统结构与环境相互作用的开放性，否则系统研究必将陷入形而上学和经验主义。只有坚持系统结构动态性与开放性的观点，才是唯物辩证法分析事物的科学态度。

二、系统的功能

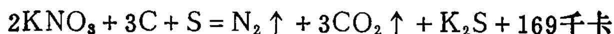
系统的结构与功能是不可分割的一对范畴，理解系统的结构是理解功能的基础。因此在分析系统功能的基本含义时，我们仍然要着重分析由于不同结构方式而导致功能变化的各种关系。

前面我们把系统内部各要素相互联系和作用的方式或秩序称为系统的结构。与此相对应，我们把系统与外部环境相互联系和作用过程的秩序和能力称为系统的功能。贝塔朗菲在把结构称为"部分的秩序"的同时，把功能则称为"过程的秩序"。系统功能体现了一个系统与外部环境之间的物质、能量和信息的输入与输出的变换关系。比如弹簧，其内部金属元素的联系方式（或者说，其结合排列的秩序）是比较稳定的。虽然在外加压力作用之下，暂时改变了它的形状，但一旦外加压力失去，它的内部结构又立即恢复原来的秩序。其结果，就对外部

---

① 马克思、恩格斯《资本论》第 23 卷 12 页。

介质发生弹力，可以对其他物体发生作用而作功。弹簧的合金结构紧密恒定，有序性强，也就必然保持了它的外部作功的弹性好，并能更持久地保持的它的弹性。相反，弹簧合金结构可变性大，则表现对外作功的弹性差。并易失去弹性。一台收音机或电视机的内部结构好，在接取信息，处理信息方面准确有序，因而输出的声音和图象清晰稳定，我们就说这台收音机或电视机的性能好。而当我们说收音机或电视机性能好时是笼统包括它的播放声音、图象和内部结构的状况。其实，严格地说，图象和声音清晰是指它的功能好，而功能好又反了它的内部结构好，因而在对信息、能量的输入与输出的处理时能达到良好的状态。火药是构成系统内部各要素的相互结合方式非常易于重新改组的一类结构系统。我国古代劳动人民发明的黑色火药，其基本要素是古代流传的"一硝、二磺、三木碳"，①化学反应式近于



$$2KNO_3 + 3C + S = N_2\uparrow + 3CO_2\uparrow + K_2S + 169\text{千卡}$$

反应式左边这三个火药要素混和在一起，非常容易相互作用，使结构极易变化，引起燃烧。虽然燃烧前体积很小，但燃烧起来，则产生大量气体和热量，能对容器与外界产生强大压力，形成强烈爆炸而作功。这又是系统结构变化（包括稳定结构与不稳定结构）引起对外作功的生动例子。所以，系统功能都是表现为与外部环境发生相互作用，反映了系统与外部环境之间物质、信息、能量的输入与输出的变换关系，以及包括了改变被作用对象的秩序。

这里必须指出，系统的功能与系统行为这两个概念不能完全等同。系统行为虽然也是描述了系统对环境的作用，但只是着重描述系统外部活动的状况和过程，不着重于系统对外部环

① 《化学发展简史》《化学发展简史》编写组编著　科学出版社

境的的作用能力。功能则着重于描述系统对外部环境作用的秩序和能力。

总之，系统的结构是系统内部各要素相互作用的秩序。而功能则是系统对外界作用过程的秩序。归根到底，结构与功能说明的是系统的内部作用与外部作用。功能是一个过程。这一范畴揭示了系统外部作用的能力，因而是由系统整体的运动表现出来，而首先是由系统的结构所决定的。功能对结构有着绝对依赖性一面，又有着相对独立性方面。结构与功能的关系，在实际客体系统中存在着多种的情况，又必须进一步予以探讨。

组成系统结构的要素不同，系统的功能也不同，这是最通常存在的一种情况。如果灯是用电加热灯丝达到白炽程度而发光才能照明，其耐久程度则是改进普通灯泡的一个关键。1879年爱迪生最初研制成功的碳丝电灯，可以连续点燃 40 小时，当时已经轰动世界。但 1910 年美国通用电气公司的库利奇采用耐热金属钨丝代替碳丝，后来又在灯泡中充入各种惰性气体代替真空，从而使灯丝在真空中蒸发烧断的状况得以避免，这一来灯泡的寿命大为延长。现在钨丝灯泡寿命一般达到 900 小时以上。按结构功能的观点来看，这是由于组成灯泡系统结构中的要素改变了，因而使灯泡的功能得以提高。

在材料科学中，构成金属材料的元素的改变，也会引起金属材料性能的改变。象通常广泛应用的灰口铸铁，抗拉强度、塑性都很差。什么原因呢？这是由于灰口铸铁中所含的碳是以片状的石墨形态存在。石墨片的强度极低，夹在铁原子中间，就好象一些“微裂缝”。铸铁正是由于这些“微裂缝”的存在，割断了基体的连续性。而且在这些“微裂缝”的尖端处还会引起应力集中。这就是为什么灰铸铁抗拉强度和塑性、韧性都极低的缘故。但是当人们在铸铁中加入球化剂镁和稀土元素

以后，情况就不同了。铸铁中的石墨就由原来的片状改变为均匀的球状。这时的灰铸铁也就为稀土镁球墨铸铁，它具有比灰铸铁优良的机械性能。比如灰铸铁的抗拉强度只有 12—32 公斤/厘米^2，而球墨铸铁则达到 45—100 公斤/厘米^2。人们在实践中就是经常改变金属材料的成分来达到改变材料性能的目的。我们通常把含碳大于 2.10 %的铁碳合金称为铸铁，含碳小于 2.10 %的称为钢。钢和铸铁的性能有很大差别。原因就在于含碳量的不同。钢虽比铸铁有好得多的性能，但抗腐性很差。1913 年英国冶金学家布里尔利无意中发现在他做试验时当作废料丢弃很久的一块含有镍和铬成分的钢块在闪闪发光，由此偶然地发现了不锈钢的化学成分。

可见一个系统结构要素的变化，对系统功能的影响很大。这是因为形成系统结构的要素是形成系统的一定功能的基础，是研究系统功能的一个基本方面。

组成系统结构的要素相同，但结构不同，功能也不同。因为决定系统功能的条件除了组成要素外，系统中各要素的不同排列组合，同样改变系统的功能。

在有机化合物中，有一类称为烷烃系列的，从丁烷开始就有同分异构体。十三烷有 802 个同分异构体，十四烷有 1858 个同分异构体。一般人最熟悉的莫如炭黑金刚石和石墨。虽然都是由碳原子组成，但碳原子的结构不同，性质回然不同。碳黑是一种无定形粉末。金刚石的碳原子分布均匀，结合紧密，是一种无色透明外形为八面体的硬质晶体。石墨体的碳原子层与层之间的间距大，结合力弱，形成一种软质鳞片状晶体。其强度、塑性和韧性都接近于零。可见材料特性与功能，不仅与化学组成有关，还与结构有关。

由于结构变化能引起功能变化，因此对一种金属材料运用

不同的热处理方法，可以改变为多种组织结构，从而改变材料的性能。象 45 号中碳钢，如进行退火处理，其抗拉强度σ_b为 50公斤/厘米^2。如进行淬火处理，其抗拉强度σ_b可以达 150 公斤/厘米^2。构成生命的遗传物质是是脱氧核糖核酸（DNA），其分子碱基只有四种，即腺嘌呤（A）、鸟嘌呤（G）、胸腺嘧啶（T)、胞嘧啶（C）。其中A和T配对，G和C配对，如果DNA 成分不变，只是配对排列TA颠倒为AT，就会导致一种氨基酸变为另一种氨基酸，从而发生病变。①

可见，要使系统获得更好的机能，就不能仅停留在提高单个要素的素质方面，而要在一定要素的基础上，致力于改进系统的结构，搞好结构改革，这一工作做好了，往往能达到事半功倍的效果。

组成系统的要素与结构都不同，也能获得相同的功能。以计时器来说，从古代的日晷到机械手表、石英电子手表，结构虽不同，同样可以有进行计时的功能。在人类历史上，计算方法也进行过多次改革。十进制、二进制，这都是能得到运算功能的不同运算结构系统。至于运算手段在不断改进。象算盘、计算器，现代计算机，都有不同的结构系统，只是后来被重视并发展的运算工具，结构系统则有着更多的优点。人们总是经常地寻求设计一些简单、方便、低价的代替性结构系统去实现某些复杂的、难以取得的或代价高昂的结构系统，来获得同样的或更好的功能。这种把着重点放在达到同样的功能而不着重于结构是否一致或类似的研究，是属于功能模拟的范围。

现代系统工程为了实现最佳化设计，往往设计多种模型以模拟同一的系统功能，并从中选择最优结构。有些设计，将是一代一代的改进。象计算机设计就是模拟人脑的记忆、推理、

---

① 参考《分子遗传学浅释》盛祖嘉编著 科学出版社

运算的功能。1946 年 2 月美国宾西法尼亚大学研制的世界上第一台电子式数字计算机占地150平方米，重 30 吨，用了18800 个电子管，每秒运算速度为 5000 次。三十多年来，科学技术工作者致力于改革计算机的元件和结构系统，先后发展了晶体管、半导体集成电路、大规模集成电路、超大规模集成电路等五代电子计算机。由于计算机元件和结构的改进，体积变小了，结构简化了，而功能模拟方面都更加逼近人脑，运算速度和记忆更远远胜于人脑。如果以现在运算能力达到 1946 年第一台电子式数学计算机速度的 20 倍即每秒十万次的微型机来说，体积已能设计得只有纽扣那么大。可见达到同一功能，完全可以由不同要素和不同结构系统来实现。这也是大量生活和科学技术发展所证实的道理。

同一结构系统，不仅只有一种功能，而是可能有多种功能。因为任何系统总离不开环境。而一定的系统，在不同的环境中，将与外界发生着不同的作用，因而同一结构就发挥了多种功能。好比一个人，他在学校里是教师，到了病房是医生，运动场上是足球队员，回到家里是父亲。一支解放军的战斗队伍，在平时是生产队，在土改运动中是宣传队，在战时是战斗队。这都是同一结构系统，放在不同环境中，它能适应环境变化，对外界起着不同作用，发挥了多种功能。对于同一结构系统，人们往往又容易只看到一方面功能，忽略了系统对外界应发挥多功能的特点。

由于客观世界的无限广大，系统的结构与功能的关系，实际上也没有绝对界线。正如系统与要素的关系一样，在大系统内部属结构关系，在子系统之间则属功能关系。结构与功能是在一定条件下互相转化的，因此还必须研究结构与功能的动态规律。

三、结构与功能的动态变化关系

一定结构系统对环境发生作用以实现一定的功能，这是系统发展过程保持结构稳定性的必要条件。我们常说，“流水不腐”、“户枢不蠹”。从系统的观点来分析，人们把水看作一个动态系统，让水处于流动状态，以保持水质不腐臭。也就是说，水在环境里流动（也是功能）是水质结构保持不变的必要条件。门轴经常使用、转动，就不会被虫柱蚀。这也是说，使门轴经常对环境实现转动的功能，是门轴自身结构保持稳定的必要条件。这两个浅显事例都说明了经常保持系统功能，其实又是保持系统结构稳定性的要求。一个人要有健康的身体，足够的营养和适宜的环境固然重要。但医生总是指导人们要积极参加体育锻炼，不要脱离劳动，才能不断消除人体器官和组织的瘀塞，滑利关节，促进组织氧化和还原的新陈代谢过程，从而达到健全组织，恢复、保持以至改善人体器官和组织的目的。这与“户枢不蠹”是同一个道理。

1977 年获得诺贝尔奖金的比利时学者普里高津（I.Prigogine）的研究表明，一个远离平衡态的系统要保持某种组织的状态，就必须不断使系统与外界有某种能量、物质的交换。也就是说，要使系统具有某信息，就必须有物质或能量的不断交换才能实现。这种系统结构普里高津称为耗散结构。这是一个与类似金属结晶那种“平衡结构”相对应的科学概念。当系统与外界交换的过程，外界不断向系统输入能量、物质和信息，这些物质、能量和信息被系统内部结构所吸收、同化，从而转化、增强或调整了系统自身的结构，好比人吃了东西，就要对食物进行加工，这就是消化吸收营养物质和排除废料的过程，

生物学上称为同化和异化的过程。如果吸收得当，会增强体质；吸收了有害物质，又会引起身体病变。如果病人吃了对症的药物，则会调整机能，恢复健康。一个人的知识与品质也是这样。大脑总是在进行着对输入信息的加工工作，当你接触到有益的知识，受到环境良好的教育，自己在处理事物时又能处处严格要求自己，刻苦学习，则将会增长才智，品格高尚，这就是引起知识结构和思想结构的积极变化。如果好逸恶劳，唯利是图、学习松懈、无所要求的混日子，则思想结构和知识结构会向恶性方面发展。上述人体结构、知识结构、思想结构等都是一类处于非平衡态体系的放开系统。研究这类远离平衡态的系统在什么条件下能保持结构的稳定性，以及研究如何创造条件去促进这种动平衡向上进化，就是非常重要的。所以普里高津关于耗散结构理论的科学表述，是对系统的结构与功能动态变化规律的深刻揭示。

四、结构与功能分析的任务

在分析结构与功能的概念和关系时，已涉及了结构功能分析的必要性和实际应用的许多问题，这里只是对结构与功能分析的任务作一个概括。

首先，科学研究的一个重要目标是弄清被研究对象的有序化结构。可以说，人类历史上一直在探索一切客体系统的结构。古代的人们很早就注意观察天象，探测天体系统的结构以及自己生活的地球在天体系统中所处的地位。古代就有“天圆地方”的说法。从托勒密创立的地心宇宙体系理论到哥白尼太阳中心说，说明人类对天体结构的认识在逐步深化。1755年，康德在《自然通史和天体论》一书中，又指出了宇宙中存

在无数的恒星体系，这些恒星系又结合成最高一级的体系。康德阐述的原理，已接近于宇宙在空间上是无限的，在结构上是无穷的思想。研究天体结构，仍然是现代宇宙学的一项重要任务。在微观方面，人类现在已打开了原子的大门，又正在打开粒子的大门。在生物学方面，以往只注意研究生物行为的宏观变化。自本世纪五十年代以后，分子生物学的发展，已深入到生命大分子的结构层次。生物学的进一步发展又将进入到电子生物学或量子生物学阶段。从研究电子运动规律的微观层次来阐明生物的结构与功能的关系。可见现代宇宙学、基因工程和粒子的研究等，都涉及探索天体结构、生命结构、物质微观结构的科学前沿。

但是人们要一下子弄清研究对象的结构这是不可能的。科学上在结构未能弄清之前，暂把被研究的系统结构称为黑箱。就是说，我们只能知道系统的一些信息、能量、物质的输入值和输出值，而不能确切地知道它的内部结构及内部变化。或者说，由系统的功能分析去判断系统的结构。这种分析方法的事例很多。比如本世纪发现了一种天体称为黑洞，但到现在人类对黑洞结构仍很生疏。那么为什么叫黑洞呢？黑洞又是怎样发现呢？这是由于天文学家在观察天象时，偶尔发现一些天体系统（如星团、星系、星系团等）的动力学质量（即根据星系成员运动关系推算出的质量）常是超出光学观测所推算的质量，从而表明了该天体系统里应当存在一类不发光的物质，天文学家把这类物质就称之为黑洞。许多黑洞就是这样发现的。但为什么会产生黑洞呢？现代天文学认为，当天体运动转化过程发生巨大爆炸时，如果残存物的质量大于太阳质量的两倍，则引力收缩的结果，恒星就变成“黑洞”这类的天体。由于黑洞的引力场大得无法比拟，以至连光子也无法逃逸，现代天文望远

镜当然无法直接观察到它，只能靠这类天体输出的信息，即如上面提到的，引起动力学质量与光学推算质量的差异这样的信息间接地发现了它。七十年代初，天文观察根据这样的分析发现了天鹅座内的天鹅X——Ⅰ应该存在双星，但却只有一套谱线，因而认为天鹅X——Ⅰ的主星是BO型超巨星，伴星很可能是一个黑洞。这就是根据信息推断了天鹅座的天体结构内部必定存在着一个新的成员。至于黑洞的内部结构及内部变化又是什么样子，现代天文学目前只能根据上述的信息用黑洞模型来推测黑洞的内部结构。因而目前对于人类来说，黑洞仍然是一个黑箱。

对于人体结构的研究，医学同样地把它当作黑箱。古代中医运用了“望闻问切”等一套方法获得病人输出的信息。经过医生对病人各种信息的综合分析，也即判断病人功能所发生的种种变化，从而进一步判断病人身体内部结构所发生的病变。后来由于解剖学的产生和发展，以及象X光机、计算机辅助X射线断层摄影技术的发明，还有许多测定人体内部变化的心电图、脑电图等等方法的掌握，使人体内部结构及内部变化的状况愈来愈清楚，黑箱也就更接近于白箱。但到目前为止，人体内部结构及其变化情况有许多问题未弄清楚。如某些人体功能态是怎样发生的，其结构机理尚未弄清楚。人类到现在为止还远未能完全认识到自己。

一旦一种系统结构机理被弄清楚了，人们才可以进行结构复制，结构还原。比如，1953年美国的华生和英国的克里克发现了作为遗传物质基础的核酸双螺旋分子结构之后，分子生物学得到了迅速发展。1965年我国科学家就是根据英国生物化学家桑格在1953年已弄清楚的牛胰岛素的分子结构基础上，在世界上首次实现了蛋白质人工合成，这就是属于结构复制。象生物

体中的酶，它是一种高效的催化剂。某些酶催化剂其效率比催化相同反应的非生物体的催化剂高达十万亿倍。也就是说，以非生物体催化剂要经过一百万年才能完成的化学反应，用酶催化只要一秒钟就完成了。如果我们弄清了酶的催化结构机理，并实现酶的人工合成及其广泛使用，将会引起化学工业的革命。① 结构分析方法对考古学也有重要意义。这是由于器官的相关性以及形态结构与生理机能的统一性，因而考古学中往往依据发现的那么一个牙齿或一节骨骼的化石，考古学家就能够复原出人猿、恐龙及其他古生物的外貌来。并且还能大体描述这些生物体的习性和生活环境。所以关于现实客体系统的结构研究，对人类的生产、生活、科学研究都是极其重要的。

这里要注意到的是，对系统结构的研究，实质上是一种使形式暂时摆脱内容，以系统形式为特殊对象的形式化研究方法。虽然在具体分析系统和进行系统结构设计时，也要涉及系统结构要素的基质，要选择系统结构达到一定性能要求的材料，这是因为研究问题时形式不能完全脱离内容。但结构研究方法则是属于形式化方法的范围。它的基本任务是研究系统结构的有序形式，从量的角度去研究系统，这是一个突出特点。

第二，设计一种结构去模拟另一种结构系统的功能是现代工程技术一项重要任务，而这种用不同结构模仿原型功能的方法，是一种功能模拟方法。

人们在弄清系统结构基础上，不仅可以进行结构复制和还原，还可以进行功能模拟。本世纪迅速发展的仿生学，就是通过弄清生物体结构机理，然后设计不同的以人工材料为基础的模拟结构去模仿生物体的功能，为人类服务，这就是仿生学的

① 参考邹承鲁《分子生物学》，引自《现代科学技术简介》科学出版社

任务。比如，人们发现豚类动物一秒钟可游 15—20 米，因而研究了豚类的体型结构，发现不仅有流线型的体型，而且有非常特别的双层结构的皮肤。这种松软的皮肤，在外层有许多小管充满海棉物质，游泳时相对滑动，能吸收动物群在水中移动时的产生的旋滑，并能减少 90% 的水摩擦力。德国科学家克莱玛根据这种道理设计了一种双层橡胶来作鱼雷和潜艇的外壳。在两层橡胶之间，流动着一种以硅酸酮为基础的液体。经一系列实验证明，穿上这种海豚皮的潜艇，前进阻力减少一半。建筑工程经常运用一种双曲拱桥结构，其实也是一种仿古生结构。大约在晚石炭纪和二迭纪一种出土虫筐类化石，发现具有一个仿锤形壳体，内部有多层壳圈，各圈之间又架设着褶皱的隔壁，这对于加固它的壳体十分有效，双曲拱桥结构正是从这里得到启示。所以研究生物、包括古生物的结构，就为现代化建设提供了极重要的参考。

现代电子计算机运算速度已能达到每秒一亿次以上。可是信息的输入和输出的速度相当慢，对图象识别能力较差，这又是计算机应用的薄弱环节。1975 年美国最大电子中心贝尔电话公司为了研究新一代的计算机探索新的思路，专门成立大脑研究室以便从人和动物的大脑结构中得到启发，设计新型模拟计算机。象人脑皮层 100 多亿个神经细胞，或叫神经元。每个神经元又与 1000 个其他神经元相联系，形成极为复杂的神经网络结构。而人脑就有 200 至 300 种不同类型的神经元。认识这些神经元的功能差别及彼此具体的连续方式，设计人工结构系统去模拟人脑更多功能，则必将推动整个人类科学技术实现新的飞跃。①

---

① 科学院自动化研究所一室：《生物控制论》，《国外科学》1977 年 7 月第一期

第三，变革系统结构以提高或改变系统的功能，从而发挥更大的组织效应，这是结构功能分析的又一重要任务。

在复杂事物中，往往有一些不合理的结构会导致对系统功能的削弱。但如果能研究结构变化的规律，研究变革结构的方法和技术问题，那么对系统结构的变革，也能给人类带来极大的效益。

以能源结构来说，现代原子能在各种能源中所占比例很小。但我们知道，在原子核结构发生变化时，发出的能量称为原子能，包括聚变能和裂变能。但原子能比起化学能来，将大几百万至一千万倍。就将会带来全人类能源结构的根本变化。那时大自然的原料，如煤、石油等等，将会从一般燃料中解放出来，而发挥更大的功能。

在现代工业中，人们经常采取变革系统结构的方法以提高或改进系统的功能。如现代机床工业发展了一类组合机床，就是把各类机床的结构和功能进行全面分析，在产品设计时，采取"组合化设计"的方针，设计出一些通用化的共同部件，然后象小孩积木块似的将某几个组合部件和基本部件结合起来，就能获得一定功能的专用机床。而改变了一些组合部件，又可取得新的功能，成为另一种性能的专用机床。现代工业生产的零配件，尽量作到通用化，标准化，系列化，就是这个道理。从系统角度看，零部件互换性提高了，就是使不同设备的部件更易于实行重新组合，从而使生产部门能获得更大的整体效应。美国有个德弗利格公司，用十一种通用部件和十几种专用部件再加上外购配套件，就可以组成几百种通用和专用镗铣床的品种。从而节省了设计力量，简化了生产过程，有利于采用先进工艺和生产上扩大批量，大大提高了企业的经济效果。现代房屋建筑也是发展了预制件，建造装配式房屋，提高了建房效率，

这也是建筑系统的一种结构改革。

应当指出，这种采取调整系统中要素的组合关系，甚至有时采用简化结构的办法减少了组成系统要素的数量和某些不必要的结构。其结果，不仅不会削弱系统功能，还会提高系统的功能。当然这应当建立在对系统的结构和功能关系深刻认识的基础之上。

本世纪来，由于分子生物学的发展，我们已知道从最下等的变形虫直到人类，在构成遗传基因的 DNA 上排列的物质成分都是相同的。只是由于其组合方式和数量的不同才形成千千万万生物的不同遗传物质。因而从原则上讲，了解了生物的结构，什么生物都是可以改造的。现代国际上出现一种生物技术公司新行业，遗传工程师就是研究如何改变生物的遗传结构。将来终有一天会把固氮基因引入禾谷类作物细胞中去，获得自己能供应氮肥的农作物新品种。有一部分白痴病人通过对其遗传基因的分析，已弄清是由于缺乏半乳糖苷－1－磷酸转尿苷酰酶，不能分解乳糖引起的。这是一种遗传性疾病，通常认为是不治之症。现代遗传工程正在研究如何把大肠杆菌中分解半乳糖的基因切下来带到病人细胞里，探索借用微生物的基因来矫正病人的基因结构，为治疗遗传性状病提供了可能性。

我们看到，如果一个单位机构臃肿，人浮于事，反而会降低办事效率。历史上简化政权机构事例很多。唐太宗即位不久，就曾采取裁并机构选贤任能的措施。他从中央到地方都大刀阔斧精简机构，把中央政府机构中的文武官员从 2000 人减为 640 人。把原来 360 州并省为31个州。既减少了开支，又提高了效率。① 一个社会的经济结构、科学结构、教育结构、人

① 参考姚澄宇《唐太宗的裁並机构和选贤任能》一文，见《光明日报》1982年2月15日。

口结构，一个人的知识结构等等都是在经常变化着，努力促进客体结构要素的积极变革，或对同样结构要素次序的调整和精简，这对提高组织效应，获得更好的功能都是同样重要的。

最后，在多方案中选择最优结构，也是系统设计的一项基本任务。本世纪下半叶来，系统工程发展很快。而对系统进行结构和功能的分析，才能在多方案中选择最优结构系统。这个问题已经超出了本文的讨论范围，我们将另作论述。

略论辩证的系统观

刘则渊　　王海山

现代系统论自本世纪四十年代产生以来，正在蓬勃地向前发展。它不断地向各个领域渗透和拓展。深刻地改变着人类知识大厦的整体格架，同时也大大地改变着科学的世界图景和人们的思维方式，从而也为丰富和发展马克思主义哲学，建立作为辩证唯物义主自然观的组成部分——辩证系统观提供了新的科学材料。我国著名科学家钱学森教授敏锐地觉察到当代科学发展的这种新趋向，近年来曾一再指出，由于各种系统理论在广阔的知识战线的探索，看来建立一门系统的基础理论科学——系统学已日趋成熟，而系统学的诞生和发展，必将通过一座桥梁——系统观，达到人类知识的最高概括——马克思主义哲学。①②③　在钱学森教授关于系统学的体系结构及其在现代科学体系中的地位所提出的创见思想的启示下，①—④我们试图根据系统理论走向统一形成系统学的趋势，对辩证系统观的形成，辩证系统观的基本点以及辩证系统观的基本范畴等方面做些粗浅的探讨。

一、系统论的统一及辩证系统观的形成

现代系统科学的各种理论，包括一般系统论、控制论、信息论和非平衡态开放系统理论等，近几十年来有两种明显的趋

势：一方面它们的理论观点和方法，从各个不同领域中生长出来又广泛地渗透到自然科学、技术科学以及社会科学等各个领域，造成整个科学的综合；另一方面，这些具有不同特点的系统理论在广阔知识领域里的发展中，本身也相互渗透相互交叉，日益走向综合统一。正是依据现代科学所提供的这些事实和形成现代科学技术体系的客观要求，钱学森教授才提出建立作为科学技术部门之一的系统科学的结构体系，在作为技术科学的系统理论和马克思主义哲学这两个台阶之间建立一门系统的基础理论科学——系统学。

根据系统科学的各个分支理论产生和形成的情况，可以看出形成系统学的构筑材料或理论渊源主要是以下三个方面：

（1）研究人工客体—技术系统客体的技术科学中产生的控制论、信息论、工程控制论、系统工程等；

（2）研究生命系统客体的生物学中产生的生物控制论，一般系统论以及理论生物学等；

（3）研究非生命自然界物理系统客体的物理学（热力学、激光科学等）中产生的非平衡态开放系统理论，如普里戈金的耗散结构理论、艾根的超循环理论及以哈肯的协同学理论等。

深入考察这些理论的思想观点和方法，不难发现，它们不仅在研究不同的系统客体中具有互补性，而且还具有其内在的统一性。也就是说，不论它们研究的出发点和手段如何不同，但都从其特定的方面揭示了系统客体的某些属性与规律的客观性和普遍性，反映了系统理论统一的趋向。这一点可以从系统理论发展中所显露的两个突出特点中明显地看出：一方面，从系统的空间结构层次来说，系统理论的发展是从高级的或复杂的生物及工程系统，向相对来说较低级、较简单的物理系统和化学系统拓展的；另一方面，从系统的时间演化状态来说，系统

理论是从静态的结构模式向动态的结构模式发展的。而且这两方面是齐头并进、交织发展，促使现代系统理论各个分支和流派在探索现实世界的系统的进程中，日益贯通，走向统一。

我们知道，控制论是直接发端于自动控制技术的一门技术科学，但在其形成中却深受生物学、神经生理学的影响。维纳类比了动物的行为属性，把自动控制机器系统的反馈概念引入动物行为，把动物的目的性行为赋予机器，同时又撇开了技术客观的物质和能量的具体形态，而着重从系统客体适应周围环境而调节自己行为功能的信息过程来研究系统的状态行为，这样维纳的思想就大大突破了技术科学的台阶，蕴含着具有普遍方法论意义的理论控制论的基本思想。也正是由于理论控制论的一般思想方法使其研究对象扩展到包括社会系统、技术系统、生物系统在内的功能系统，所以把“功能系统”这个概念作为自己理论的起点和基石的理论控制论又常常被称为“功能系统论”。⑤

这样，控制论一方面与研究各种工程技术客体的系统工程理论及其共同的理论基础运筹学相衔接，另一方面又与直接从现代通信技术发展起来的技术科学——申农的信息论及其理论基础数理统计相接壤，从而使研究一切技术系统客体的各种系统理论走向统一。特别是近年来，由于控制论发展所形成的巨系统理论，为我们研究极其复杂的生物巨系统和社会巨系统开拓了一条新的途径。这样一来，不仅使系统工程理论、控制论、信息论与研究生物系统而产生的一般系统论愈加融合，而且把系统论从原来的各种功能系统直接拓展到以非平衡态为特征的物理系统和化学系统，在更大空间范围内展示了系统理论的统一。

我们知道，冯·贝塔朗菲创立的一般系统论有两个直接背

景：其一，是他认识到由于分子生物学的发展，人们的认识虽然打进了分子、原子层次，并取得了惊人的成果，但它在很大程度上是以失去其全貌为代价的。为此，他开始理论生物学的研究，从生物的整体出发，把生物及其环境作为一个大系统来研究。在这种研究中他意识到，各种科学——从物理学到生物学，到社会学、历史学有一个共同的东西，这就是系统的整体规律。⑥其二，他还认识到，在生命与非生命之间存在一个明显的矛盾，即热力学的“退化论”与生物学的“进化论”相对立。究其因，就在于前者是一个与周围环境没有物质、能量交换的有限大的封闭系统，熵只能增加，走向无序；而后者是一个能同环境进行物质、能量、信息交换的开放系统，是向增加有序的方向发展的。⑦一般系统论正是抓住了系统开放性这一重要之点，把生物和生命现象的有序性和目的性同系统的结构稳定性联系起来。值得注意的是，生命系统的这种有序性和目的性，不仅在功能系统而且在非平衡态的物理系统和化学系统中也是普遍存在的。

然而，一般系统论虽然注意到了有序性、目的性与系统稳定性的关系，但它并没有真正回答形成这种稳定性的具体机制。耗散结构理论恰好从另一侧面解决了这一问题。按照耗散结构理论，“非平衡可成为有序之源”。系统通过涨落，从环境吸入负熵流，而使系统从原来的无序状态走向一种时间、空间或功能有序的动态结构——耗散结构。这里令人惊异的是，普里戈金的思想不仅与一般系统论的思想一脉相承，而且与维纳创立控制论的原始思想息息相通：“在非平衡系统中，或者在非平衡系统的一部分中，熵不一定增加”，“它对于我们来说非常重要……，在这些阶段熵并不增加，而组织及有关的信息却正在建立之中。”⑧维纳用以作为控制论基础的这些论

点，几乎可以毫无变动地转录为普里戈金的语言。

在这方面，艾根的超循环理论的重要贡献在于，它从信息的角度，用控制论中的巨系统理论具体地研究分子的起源和进化，揭示了从化学进化系统到生物系统的中间环节和具体机制，把化学系统和生物系统从微观形态上连接起来。而协同学理论的重要价值在于，它虽然起始于非平衡态系统形成的有序结构的研究，却又摆脱了经典热力学的限制，凿通了平衡态与非平衡态、封闭系统与开放系统的壁垒，适用于包括没有热交换过程的极为广阔的领域。而且从系统的时间演化状态方面，进一步解决了耗散结构理论尚未解决的系统稳定性和目的性具体机制问题。

协同学理论认为，在一个复杂系统的许多自由度里，如果存在一个或几个不稳定的自由度，就要把稳定的自由度拖走，一直拖到相空间的某一点，这一点就是系统的一个稳定状态（也可能不是一个点，而是一个振荡圈）——系统的目标，这就不仅具体地解释了系统有目的性的原因，而且进一步揭示了系统如何从无序到有序，从较低程度的有序达到较高程度的有序的动态演化问题。

至此，不难看出，系统理论在由技术系统、生命系统向非平衡态的物理系统、化学系统的拓展以及由系统的静态模式向动态模式的变迁中，所显露的内在的逻辑统一性。这就是，各种系统理论都是系统客体的“多棱镜”从不同侧面反映的结果。因而可以说，系统的结构、系统要素的相互影响、相互影响反馈，就是贝塔朗菲的一般系统论、申农的信息论和维纳的控制论；而系统形成动态的有序结构、系统的演化，就是普里戈金的耗散结构理论和哈肯的协同学理论。这样，不仅“三论”的统一有了牢固的基础，而且“三论”与非平衡态系统理论

之间的内在联系也有了可靠的客观依据。

可见，在各种系统理论汇合统一的基础上，建立作为系统科学基础理论的系统学已成为历史的必然。

这里，尤其使我们感兴趣的是，系统学的这个基本轮廓向人们展示出它的重大科学意义和哲学意义。这就是它不仅改变了科学知识的整体结构，成为具有广泛跨学科性的高度综合性的横向科学而执行着科学知识整体化的功能，而且改变了自然科学的世界图景。为深化和发展马克思主义哲学，特别是为提炼和升华作为辩证唯物主义自然观组成部分的辩证系统观，提供了新的科学材料。

至此，这就很自然碰到一个问题：系统观是否有两种？辩证的与非辩证的？唯物的与唯心的？或许有人会问：系统论本身就是辩证的，何须从哲学高度上概括为辩证的系统观？

我们认为，问题并不那么简单。正象整个自然界本身是辩证的，自然科学在日益走向辩证唯物主义，而自然观未必是辩证的一样。系统作为整个世界的客观属性本身是辩证的，现代系统理论充满着唯物辩证法，而系统观未必就是辩证的甚至未必是唯物的。

事实上，现代系统理论在其发展中，它的开拓者们就在不断地进行着哲学概括和总结，并且在这种概括和总结中始终贯穿着唯物的与唯心的，辩证的与形而上学的两种系统观的激烈斗争。比如，把维纳关于"信息就是信息，既不是物质也不是能量"的经典说法加以引伸，认为信息是与物质和意识并列的第三本原，使辩证唯物论关于哲学基本问题的观点消解了；还有试图把信息论与辩证唯物论的反映论混为一谈，以控制论取代马克思主义认识论，用社会控制论代替历史唯物论，甚至用"三论"（系统论、信息论、控制论）或所谓"系统哲学"来

取代整个马克思主义哲学。发人深思的是，象维纳这样为创立控制论做出巨大贡献的卓越科学家，最终在控制论的哲学概括中也出现原则性的错误。在他晚年所著《上帝与精灵》一书中，就直言不讳地把控制论的哲学观点直接与宗教联系起来。他不厌其烦地一再论证有组织的系统、有生命的系统、有自我繁殖的系统、有自我意识的系统及其所进行的过程，都是同全智全能的造物主按照自己的自由意志进行创造的过程完全相通的。这样，他自己创立的如此充满证法的控制论，经他加以哲学概括而使自己滑向唯心论。这位颇有哲学修养的科学家，在早年建立控制论尽管循着唯物的辩证法道路而生气勃勃，但由于没有成为自觉的辩证唯物论者，最终还是在哲学上失足，难道不值得引为教训吗？

值得一提的是，在现代系统论的开拓者中，贝塔朗菲的哲学思想明显地高于他同时代的系统科学家。他认为今天广泛接受的“系统”概念并不是突然出现的，而是若干世纪以来科学家和哲学家早就看到的一个古老问题。而之所以未成熟起来，原因之一是这个古老的“系统”问题一直是“哲学”问题而有没成为“科学”，直到数学、科学和技术发展到今天才得以用现代术语来表达。他创立一般系统论，不仅要把这个古老的哲学问题变成现代科学问题，而且是力图把它扩展到最广泛的科学领域，进而揭示其“元科学”或哲学方面的性质，建立起“系统哲学”，以作为“自然界的哲学”。可贵的是，他吸取了黑格尔和马克思关于系统的辩证思想，提出了研究系统本体论和系统认识论的任务，并做了初步的探索。同时还谨慎地同机械论的自然观、逻辑实证主义和经验主义的认识论相区别。无疑，他建立的一般系统论确实是具有广泛跨学科性的普遍理论。并且他对系统论所做的哲学探索，为建立辩证的系统观提供了最切

近的基础。然而，他的一般系统论仍然低于哲学层次。尽管他希望把它与永恒的哲学问题联系在一起并试图从中作出自己的答案。但其所谓“系统哲学”却并未达到这个目标，因此是不能和马克思主义哲学同日而语的。其缘由也是不言而喻的，在此也不必苛求于他。

创立系统理论的卓越人物，不论是维纳、申农、贝塔朗菲，还是普里戈金、艾根和哈肯，不仅他们在科学上的成就，而且他们在哲学概括中的贡献与缺陷，成功与失足，都是我们在哲学上提炼辩证系统观时值得研究和借鉴的宝贵财富。

从现代系统理论的发展中所呈现的两种系统观，告诫我们不但应该用包括现代系统理论在内的自然科学最新材料去深化和发展马克思主义哲学，而且更应该注意如何沿着正确的思想轨道才能实现这个光荣使命。在这方面，我国著名科学家钱学森是值得我国哲学工作者和科学工作者学习的。他作为工程控制论的创始人和系统科学的倡导者，在对现代科学成就进行马克思主义哲学的概括中，思想敏捷开阔而又富有成果，是走在科学家前列的一位。我们应当象钱学森同志那样清醒地看到，现代系统理论无论具有多么重大的哲学意义，无论对深化和发展马克思主义哲学提供了多么丰富的科学材料，但它们决不能等同和代替马克思主义哲学，在整个人类知识的结构层次中，它们仍然低于哲学层次；系统理论的基本概念、范畴尽管哲学意义深远，仍然不能直接搬到哲学中来，而只能加以凝聚、提炼、改造而成为哲学范畴；系统科学只有经过提炼为系统观才能达到哲学最高层次，而系统观在提炼中必然有辩证的和非辩证的分野，只有辩证系统观才是科学的、马克思主义的。

还必须强调指出，我们不但要从现代系统理论的发展中看

到辩证系统观产生的现实重要性，而且还要从系统观的历史形态中看到辩证系统观产生的历史、必然性。如果说，人类自然观的发展曾经历了从古代朴素唯物主义近代形而上学到辩证唯物主义几个发展阶段的话，那么也可以说，系统观实际上也经历了这样几个相应的阶段，即古代朴素的系统观、近代形而上学的非系统观（或曰非辩证的系统观）到今天的辩证系统观。这是人类认识系统客体的否定之否定的发展过程。

人们知道早在古希腊时期，亚里士多德就提出“整体大于部分之和”的所谓“整体性悖论”，孕藏了系统观的基本内核。我国古代取支配地位的学术思想也是着重于整体性和联系性，研究协调与协和。如史学中的“史记”、“通鉴”等上下几千年，纵横数千里，包括等级秩序、分层递阶、相互制约的系统思想。而打开祖国医学的宝藏，可以使我们惊异地看到，现代系统论的许多具体原则，差不多都可以从中找到它们“原型”。所有这些可贵的思想今天仍不失其价值。但它毕竟有失过简，既缺乏可靠的科学基础，又有没高度的哲学概括，只不过是一种想象的直觉和经验的总结罢了。

到了近代，由于形而上学自然观的统治，古代这种朴素的系统观基本上被扼杀了，取而代之的是一种以要素分析观或机械还原论为特征的形而上学的非系统观，以及把一切看成机器的简单加和与线性累积为内容的机械论系统观。十八世纪末至十九世纪初由于自然科学领域的一系列划时代发现，特别是细胞学说、能量守恒与转化定律、达尔文进化论这三大发现，导致了形而上学自然观的灭亡和辩证唯物主义自然观的诞生。随之这种形而上学的非系统观或机械论的系统观也就逐渐退居科学舞台的幕后，而古代朴素的系统观开始复苏。

应该说这种复苏是自黑格尔开始的，但却是以客观唯心的

形式出现的。

马克思主义创始人通过批判、改造黑格尔的唯心主义辩证法，在概括科学材料基础上创立了唯物辩证法的科学体系。这样不仅为辩证系统观的诞生提供了坚实的哲学基础，同时也揭示了辩证系统观的一些基本观点，可以说恩格斯的《自然辩证法》，特别是马克思的《资本论》也是在这方面给我们留下的有待发掘的宝贵遗产。但是，由于马克思、恩格斯所处的时代限制，他们所揭示的辩证系统观的一些基本观点毕竟缺乏坚实的自然科学基础。

只有到今天由于现代系统理论的产生和发展，才导致科学的辩证系统观得以形成完整的形态。因此，我们可以说，辩证系统观不仅为辩证唯物主义自然观增添了新的内容，而且还必将丰富辩证唯物主义的现代形式，乃至整个马克思主义的理论宝库。这一点已经在哲学本体论、认识论以及方法论意义上的这个辩证系统观的基本点上而充分显示出来。

二、辩证系统观的基本点

如果说，世界的系统整体性规律是辩证系统观的基本点的核心，那末，可以认为系统概念是构造辩证系统观的最重要、最基本的“范畴”，因而阐明系统概念的基本含义就成为阐述辩证系统观基本点的直接前提。

从构成系统学的不同渊源我们看到，迄今为止，存在着许多互补的系统概念。概括起来大体上有四种：结构的系统概念、功能的系统概念、层次的系统概念及动态的系统概念。比如结构的系统概念，它不仅强调了组成系统的要素，而更为重要的是揭示了系统内各要素间相互联系相互作用所导致的诸要

素的综合的整体，赋予了系统一个不能单纯追溯到要素上的新加的系统质，即系统质不等于个体质的线性加和，或者说整体大于它的部分之和。功能的系统概念，揭示了作为复杂功能系统的客体在外在环境中达到预定目的所呈现的功能行为特征。它忽略系统客体的内部结构，而强调系统在给定环境中的整体行为；暂时撇开系统客体的物质基质，而着重研究系统行为的操作调节问题，通过系统外部关系特别是输入和输出的状态来考察系统客体的功能。层次的系统概念，强调任何一个系统的要素都是处于它下面较低层次的一个系统；而任何一个系统又都是处于它上面的较高层次的系统的一个要素。这样所形成的系统等级反映了整体与部分之间的层次递阶性，所以这种层次系统概念往往又称为是等级的系统概念。动态的系统概念不仅从静态结构、功能及层次等级方面考察系统，而更重要的是它强调系统的演化，揭示了系统从无序走向有序而形成某种稳定的动态结构的机制。

这些不同类型的系统概念虽然有助于我们认识系统的本质，然而它们毕竟都是基于人们对系统本质属性的片断认识，并且一般说来与现代各种系统理论及其采用各种手段相联系。甚至可以说，几乎有多少系统理论就有多少系统概念。因此我们有必要适应系统理论的统一和辩证系统观的形成，从哲学高度上把系统概念提炼为具有普遍意义的哲学范畴。事实上，如果我们把上述作为系统科学范畴的四种系统概念作一综合分析，就会发现它们之中确实蕴含着某些更为普遍的共同方面，可以抽象上升为哲学范畴的系统概念。这就是，它们都力图从特定的相互联系、相互作用方式决定的某种类型关系（要素-结构关系、功能关系、层次等级关系、协同关系等）来强调系统这一要素的综合体。为此我们可以对辩证系统观中作为哲学范畴的系统概念

作如下理解：所谓系统乃是由特定的相互作用方式联结着的要素构成的具有新质（系统质）类型关系的统一体。显然，从这个系统概念的含义，我们可以看到系统概念的客观内容和辩证实质。

第一，系统是不以人的主观意志为转移的客观存在，系统无处不在，无时不在。因此在这个意义上我们可以把任何客体都看做是系统，整个世界不论是自然界、社会和思维都普遍地具有系统性；而从另一方面来看，我们未必可以把系统和客体相等同，因为没有特定相互作用关系的客体乃是非系统的客体。这个矛盾反映了系统本身的辩证法，说明任何客体都是系统与非系统的统一。因为一方面，任何客体都可以依其固有的相互联系相互作用方式确定相应的具有新质的类型关系而构成一个系统；而另一方面，这个客体不是按其这种类型关系而相对其他类型关系而言，就是非系统（如钟表和一堆石头的情形就是如此）。这说明这个系统概念既揭示了系统的客观性和普遍性，同时又表明系统的特殊性和相对性。这一点，构成了认识系统客体的特殊的认识论棱镜，通过它我们得以分清客体的系统类型关系和非系统的类型关系，而揭示出客体的本质和规律。比如，在研究化学元素的规律时，如果不是取它们之间的原子量或更精确地取它们之间核电荷数关系，而是取它们之间的比重关系，这就根本无助于我们揭示元素周期律。

第二，系统是各要素之间、要素与整体之间相互对立相互联系相互作用的矛盾统一体，是从要素量的组合达到整体质的飞跃的总效应。因此，系统概念反映了客观世界多因素、多变量、多层次交互作用的复杂关系，以及系统内在的复杂的辩证因果关系、质量互变关系、结构——功能关系等等。象这样深刻地反映了现实事物多样性、复杂性的统一体的系统概念，只有在

现代科学和现代哲学高度发展的今天才可能做到。

从系统概念的客观内容和辩证本质，我们可以引伸出辩证系统观基本点所包含的全部内容：

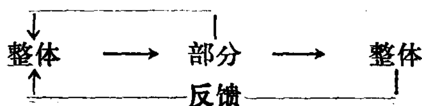
首先，辩证系统观更深刻、更具体地揭示了世界的统一性直接表现为世界的系统整体性。不仅世界上的物理系统、化学系统、生命系统、技术系统、社会系统乃至思维系统都具有整体属性，而且它们各自依一定的层次结构形成一个相互联系的系统整体。正是世界的这种系统整体性，使现代系统理论成为现代科学整体化的方法论工具。这标志着科学从昔日研究的分析优势向今日整体综合优势的伟大转折。这一点我们将在后面作较详尽的讨论。

第二，辩证系统观更完整、更精确地揭示了世界统一性还表现为世界的系统进化性，或历史演化性。它不仅在技术系统客体与生物系统客体以至社会系统客体之间架起了桥梁，同时也填平了它们与物理、化学等非功能系统之间的鸿沟，形成了从低级运动形式进化到高级运动形式，从物理系 统 到 化学系统，通过生物系统、技术系统到社会系统的连续链条，揭示了整个世界从简单到复杂、从低级到高级、从无序到有序的进化机制，从而证实了“一个伟大的基本思想，即认为世界不是一成不变的事物的集合体，而是过程的集合体。”（《马克思恩格斯选集》第 4 卷第 239—240 页） 由于现代系统理论关于开放系统有序结构的各种学说把进化和历史的观点引进物理学，而进一步导致自然科学的历史化，证实了马克思恩格斯的伟大预见：“我们仅仅知道一门唯一的科学，即历史科学”。（《马克思恩格斯选集》第 1 卷第 21 页注”） “自然科学越来越变成历史的科学”（《马克思恩格斯全集》第 16 卷第 244 页）。如果说以往自然科学历史化还只限于康德—拉普拉斯的天体演

化说、赖尔的地质渐变论、达尔文的生物进化论。那么本世纪则几乎逐步扩张到化学、物理学中，使整个自然科学都成了名副其实的研究自身对象的历史的科学。因此在这个意义上，辩证系统观也就是自然历史观；现代系统方法也就是探索自然界系统客体进化过程的历史方法。这是昔日研究存在为主的静态认识到现在全面研究演化的动态认识的又一个伟大转折。

第三，辩证系统观揭示了世界的统一性更明确地表现为世界三个基本要素——物质、能量、信息的统一性。比如在人工客体——技术系统中，是材料、能源、信息的统一；在自然客体—生物与非生物系统客体中是质料、能量、信息的统一；而在社会经济系统中则是物流（包括人流）、能流、信息流的统一。如果把这三个方面抽象到哲学高度则体现了物质、运动、信息的统一。当然这三要素并非是平行独立的，而是有着从属递次的依赖关系，三要素的统一归根到底是统一于物质。因此，辩证系统观恰恰从系统客体的物质代谢、能量转换、信息调节这个互补的统一过程方面，更完整地揭示了世界的统一性在于它的物质性这一马克思主义哲学一元论原理的无限丰富的具体内容和新的表现形态。

第四，这个辩证系统观从本体论上所揭示的系统的整体性规律，通过人们认识的反思构成了辩证系统观的认识论基础。它要求我们坚持唯物辩证法的普遍联系的观点，不但要把整体看成是联系的整体，而且要把联系看成是整体的联系，用整体的观点把事物当作系统客体来考察。可见，辩证系统观所主张的认识论程序应该是：



在这个系统认识程序中，从整体到部分可以看作是系统分析阶段，而从部分到整体则是系统综合阶段。这里所说的“系统分析”是指以系统的整体性为基点，借助于部门科学所揭示系统客体及其要素的丰富的具体的质的多样性，应用系统认识方法和基本原则，从表征系统质、系统行为的某些共同属性上着重分析系统各组成部分（要素)之间的相互联系、相互作用方式，揭示各要素在这种相互联系、相互作用中所具有的内在内质的规律性。而“系统综合”是指在系统分析的基础上，使部分重建整体，确定系统的层次结构，构造系统的结构模型，然后引进数学语言进行描述，并对其结果进行解释而还原为系统整体的质的多样性。显然这一认识程序体现了辩证逻辑的“从抽象上升到具体”的认识行程，而在方法论上则体现了“综合—分析—综合”的综合式认识程序。这标志着由辩证系统观的认识论基础所决定的科学思维结构的重大变革。

第五，辩证系统观还要求人们对世界的视野从狭小的认识论上的“实物中心论”转到“系统中心论”实现科学思维类型的变革，即从传统的对象性思维方式转变成系统性思维方式。所谓认识论上的“实物中心论”，简单地说就是把研究对象仅仅作为一种个别的客体，而不是把系统的客体置于研究的中心。这种认识形式表现在科学思维方式上亦是就对象本身来认识的以分析、“解剖”为主导的所谓对象性思维方式。辩证系统观为突破这种认识论上障碍指出了一条切实的途径，这就是由认识的“实物中心论”向“系统中心论”的转变。认识的“系统中心论”要求，一切认识对象不仅它本身要作为一个系统来认识，而且它还要作求某个更大系统的部分（要素）来认识，甚至还可以将其在与该系统客体的本质属性有关的微观层次上进行系统研究。显然，这种对系统客体的“立体”认识，是一种

对研究对象进行整体性度量的系统思维方式。在这种思维方式中，不仅要把被研究对象作为一个系统客体放在不同层次级别上进行系统的分层研究，而且它还使用与传统思维方式决然不同的特殊的抽象方法。这就是它所考察的不是系统客体的某些特殊属性，而是任何系统客体都具有的某些共同属性或普遍联系的某一特定的共同方面，亦即是对任何系统客体都有意义的一般特性，它与系统客体的其他特性相比将包含有最大的信息量。

以上我们阐述了辩证系统观基本点的五个方面，而要更深刻地理解这些基本点，我们还必须从辩证系统观的基本范畴方面作进一步的分析。

三、辩证系统观的范畴体系

如前所述，对于辩证系统观来说，系统概念是最一般、最基本、最简单的"细胞"，它包孕着发育为辩证系统观中的更丰富、更具体、更复杂的各种范畴的可能性，携带着辩证系统观的全部信息。因此，由系统概念这个起始"细胞"出发，可以衍生出整个辩证系统观的范畴体系。

我们知道，系统之成为系统，就在于作为系统的客体内在（要素或子系统）或外在（环境或大系统）诸因素在相互作用中形成确定的类型关系而保持自身新质特征。这样，系统概念就必然与构成系统基质属性、机能属性方面和联系形式方面的一系列概念、范畴相关联。比如"开放性"这一概念就表征了系统必然要与环境组成一个特殊的综合体。换言之，辩证系统观所说的系统必然是开放系统，而封闭系统只是作为它的特例。在开放系统中，一方面系统不断地与环境之间发生相互作用，

进行物质、能量、信息的交换；另一方面系统内部各层次、各要素之间又发生相互作用，形成一定结构，成为一个整体。因此，从系统客体基质属性方面来看，就出现了系统与环境、系统与要素、结构与层次、部分与整体等一系列彼此相互联系的基本范畴系统。同样，由于开放系统在一定条件下要素之间产生协调同步的作用,具有有序化、自组织性、合目的性的特性，而呈现出自己的功能行为，因此，从系统的机能属性方面来看，也存在一个与系统概念相关联的包括功能、组织、有序、协同等基本概念在内的范畴系统。此外，系统所具有的各种基质属性和机能属性，乃是系统中的相互联系相互作用的结果。因而从反映系统中普遍联系形式方面的概念来看，则有一个包括信息、反馈、控制、熵等基本概念在内的范畴系统。而在实际的系统客体中，系统的基质属性、机能属性、联系形式三个方面是一个有机的统一体。所以从本质上这三个范畴系统又必然相互联系相互作用形成一个更大的范畴系统网络。在这个网络中，每一个基本概念都作为网上的一个纽结，而直接或间接地与其他基本概念相耦合。不仅如此，它们之间还有一定的层次性和规律性。这主要表现在它们之间存在着诸如部分与整体、结构与功能、协同与有序、熵与组织、信息与反馈等一系列具有某种内在联系的成对的基本范畴；而这些成对范畴之间又形成一个具有某种辩证因果联系的层次链。这里我们只能择要展开讨论。

我们先来看部分和整体这对范畴。众所周知，整体是由部分或要素组成的，而根据系统的层次递阶性这种要素所表现的体质不仅具有一定程度的相对独立性，同时对系统质也有一定程度的决定作用。所以在这个意义上，部分是构成整体的原因之一，即两者之间有一定的因果联系。但仅仅这一点并没有

体现辩证系统观所强调的部分和整体这对范畴的实质和核心。因为，一方面，这种因果联系不是一种线性的单值因果链条，而是通过各组成部分之间的某种特殊的相互联系相互作用间接地、综合地决定整体，部分的量变导致整体的质变，这样系统性就有了个体质所没有的整体特性。就是说系统中整体的新质特性决然不是个体质的线性加和，它不仅在量上大于各要素性质的总和，而且在质上具有与各要素性质决然不同的新质一系统质，这时系统中部分的性质相对于它的整体来说仿佛是一种扬弃，⑪在很大的程度下丧失了自己作为下一层次系统所具有的整体性特征。显然要揭示部分和整体的这种辩证性质，我们还必须深入到更深的概念层次，寻找更深的原因。这就必然要涉及结构与功能这对范畴。

所谓结构是指系统的基质属性中各要素相互联系相互作用的状态，是具有外在形式的系统客体的内在形式。这种作为哲学范畴的结构概念不能等同于具体物质的实体结构，而是对各种物质结构形态共同特征抽象出来的一般概念。而所谓功能恰是由系统的结构所决定的系统的整体性机能，是与系统中要素或部分的内在机能相关却不相同的系统新质的外在表现。这样由于结构决定功能，系统的整体性或非加和性也就自然由系统的结构所决定了。可见，系统中各要素或部分之间的结构关系对系统来说是至关重要的。正因为这样，所以在由同类要素构成的不同系统中居然有截然不同的系统质，比如同样由碳原子组成的石墨和金刚石二者的性质回然相异，这正是系统的结构水平的差异所致。系统的结构——功能关系不仅表现在要素与整体上，而且在不同层次的系统上也都存在差异。可以说，每一更高层次的结构——功能关系都可以看成该系统（或整体）质的飞跃与子系统（或要素）质的连续的中断。事实上，如果我们

撇开系统的特殊构成材料，那么结构——功能关系问题就是部分与整体的辩证关系问题，只不过结构与功能的辩证关系相对部分与整体的关系来说是处于更深层的一个环节而已。然而，认识的辩证法并没有就此而终结，而是引导我们进入到更深层次环节，即从协同与有序这对范畴来更深刻地理解、把握结构一功能关系对系统整体性的功用，揭示系统结构稳定性的原因。

所谓“协同性”是指一个开放系统内部各要素或子系统之间的协调同步的非线性作用特性。如前所述，耗散结构理论告诉我们，一个远离平衡态的开放系统，各个体的作用具有非线性的特点，由于与外界环境进行物质、能量、信息交换而产生负熵流，即可以处于包含大量个体协同动作的相干状态，而形成一种有序的自组织结构。而按照协同学的观点，在复杂的多元系统中，由于子系统间的协同作用也会产生具有一定功能的有序的自组织结构。这两种理论都说明协同与有序恰好构成一对辩证的因果联系，即协同是具有序的原因，有序是协同的结果，结果反馈于原因，使得这种协同作用愈加明显和和谐，系统愈加向有序化的方向演化直至形成稳定的动态结构。这里，协同表征了系统内部各要素或子系统之间相互作用的一种特殊方式；而有序则表征了系统形成结构的趋势及结构稳定性的程度。系统的有序度可以用结构信息 ⑫ 或结构熵来度量。显然，一个系统的结构信息量小，有序度就低，系统结构的稳定性就差，整体性功能就不好；反之，一个系统的结构信息量大，有序度就高，系统结构的稳定性就好，系统的整体性功能就高。这样，通过协同与有序这对辩证的因果性范畴，就进一步从更深层次上动态地刻画了系统演化或系统结构形成的机制，进而对系统整体性形成的规律有了新的认识。但如果就此

而满足，那我们实际上还没有把握系统整体性形成的规律。要更深刻地揭示系统形成有序结构和整体功能的动因，有必要从系统普遍联系形式即信息与反馈等方面加以考察。

前面我们已指出，系统结构的稳定性取决于系统的有序度，而有序度又与系统要素间的协同作用相关。那么我们不禁要问：这种协同作用是如何实现的呢？我们觉得在这种情况下起主要作用的就是信息与反馈，就是说这种协同作用正是通过各种要素（或子系统）之间以及系统与环境之间的信息联系和以信息为基础所实现的反馈调节、控制来实现的。比如，在环境与系统之间，环境的作用和影响表现为信息输入，系统在环境的作用下产生一定的效应表现为信息输出。如果到此为止，环境与系统之间就是一个线性因果链条，系统就将丧失自己的结构稳定性。但非线性的开放系统能够将自身产生的效应反作用于环境，不断地与环境进行物质、能量、信息的交换，通过各种形式的反馈来自我控制和调节内部的要素使其协调同步，从而走向有序保持系统自身的结构稳定性。可见，这里作为哲学范畴的信息是表征系统与环境以至内部普遍联系的一种特殊形式，它既是系统有序化的基础和中介环节，又是系统有序化的量度；而反馈乃是系统对环境的一种反作用，是对环境作用(即原因)的一种扬弃，因而也是原因和结果之间相互作用的一种特殊方式，是系统自身保持稳定的原因的原因。可以说反馈有着抗御环境致动因素偶然变化的魔力。因此以信息和相互作用范畴为基础的反馈范畴，是解释系统向有序化方向演化形成稳定结构的内在机制的关键和秘密所在，正如维纳所说，“任何组织所以能够保持自身的内稳定性是由于具有取得、使用、保持和传递信息的方法”（维纳：《控制论》，科学出版社 1962 年版第160页）。就系统中信息和反馈的相互关系而

言，信息是系统反馈作用的前提和基础，反馈则是系统信息调节与控制的形式和手段。可以认为一切系统都是反馈系统，而在反馈趋于零时就在某种程度上出现直线式因果性，后者可以当作具有反馈作用的自组织系统或自调系统的一个特例。恩格斯曾说过："相互作用是事物的真正的终极原因"。（《马克思恩格斯选集》第3卷第552页）信息与反馈把作为哲学范畴的相互联系与相互作用概念具体化了。因此，从这对范畴的普遍性来看，完全可以提到哲学范畴的高度加以阐述。事实上，只要系统起作用就存在信息与反馈。以信息联系为基础的反馈控制机制是系统的生命。

至此，通过上述这种由果循因的反序法，我们不仅看到了辩证系统观基本范畴体系的内在联系，而且大体上从微观机制上揭示出了系统整体形成的规律。诚然，对于错综复杂处于不断变化发展中的实际系统来说，这还只是一个简化模型。尽管如此，它还是向我们展示出了系统这一概念所反映的系统的五个基本特性：客观性、整体性、协同性、有序性、动态性；而整体性是辩证系统观的核心。由此我们可以看到辩证系统观整体性规律的具体内容：

（1）系统是客观的，是不等于部分之和的整体，整体具有部分或要素所没有的系统质；

（2）系统是有结构的，不同的层次等级系统有不同的层次结构，整体性功能或系统质是由系统的结构所决定的；

（3）结构是系统的内在形式，是由有序度或结构信息来量度的，有序结构是系统与环境以及系统内诸要素间相互联系、协同作用的结果；

（4）各层次结构上相互联系、协同作用所导致的系统有序性、动态性是借助于信息联系和反馈控制来实现的，反馈控

制是系统演化发展保持结构稳定性的内在机制。

我们应当深入探讨辩证系统观的内容，概括现代系统论的最新成就，来深化马克思主义哲学。当然，这要靠全体马克思主义哲学工作者和自然科学工作者的共同努力。

参考文献

[1] 钱学森：《大力发展系统工程尽早建立系统科学体系》，《光明日报》1979 年 11 月 10 日。

[2] 钱学森：《系统科学、思维科学与人体科学》，《自然杂志》1981 年第 1 期。

[3] 钱学森：《再谈系统科学体系》，《系统工程理论与实践》1981 年第 1 期。《致方福康同志的信》，《系统工程理论与实践》1981 年第 3 期。

[4] 钱学森：《现代科学的结构—再论科学技术体系学》，《哲学研究》1982 年第 3 期。

[5] Н. И. Жуков：《科学知识结构中的一般系统论和控制论》，《世界科学》1981 年第 4 期。

[6] 冯·贝塔朗菲：《开放系统的模型：超出分子生物学》，《自然科学哲学问题丛刊》1981 年第3期。

[7] 冯·贝塔朗菲：《一般系统论的意义》，《自然科学哲学问题丛刊》1981 年第 3 期

[8] 方福康：《致钱学森同志的信》，《系统工程理论与实践》1981 年第 3 期。

[9] 莫尼卡·勒斯克：《论系统科学的本质》，《自然

信息》1982 年第1期。
[10] B.П.库兹明：《马克思理论和方法论中的系统 性原则》，第 24 页。生活·读书·新知三联书店。
[11] 林康义：《系统中整体和部分的辩证关系》，《哲学研究》1982 年第2期。
[12] 王鼎昌：《信息论的发展和意义》，《自然辩证法通讯》1981 年第2期。

系统范畴的哲学探讨

常绍舜

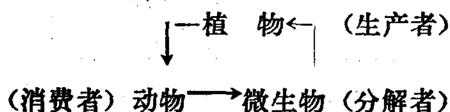
系统论是本世纪四十年代以后迅速发展起来的一种崭新科学理论。今天，它的基本原则已深入到自然科学和社会科学的各个领域，并与人类生活的各个方面发生着极为密切联系。这种情况，就给哲学工作者提出了一系列问题。例如：什么是系统？系统范畴能否作为一个新的哲学范畴？系统范畴在唯物辩证法中的地位和作用如何？以及其他等等。很显然，用唯物辩证法的世界观作指导，实事求是地研究和回答这些问题，将有益于马克思主义哲学的丰富和发展，因为马克思主义哲学总是要从具体科学中吸取自己的营养，并在回答各门科学所提出来的具有普遍性的问题中前进的。同时，这样做，也将给整个系统理论研究提供一个总的指导，使其不致走上唯心主义和形而上学的邪道。

什么是系统

现代科学中的系统范畴，主要是反映客观世界整体性的一个范畴。所谓系统论，核心就是整体论。所谓系统方法，主要就是把对象做为一个整体来加以认识和改造的方法。例如系统工程学就是“研究复杂事物总体设计的科学”。① 普通系统论

① 王慧炯：“系统工程方法论”，《哲学研究》1980 年 4 月。

的创始人，奥地利生物家 L. V. 贝塔朗菲也明确指出："普通系统论是对整体和完整性的科学探索。"①然而，系统又不等于整体，系统论并不就是整体论。系统范畴除了反映客观事物整体性以外，还反映了整体与部分、整体与层次、整体与结构、整体与环境的辩证关系。或者说，系统范畴是从整体与部分、层次、结构、环境的辩证关系中来揭示事物整体特征的。其中"结构"对于揭示事物整体特征至关重要，是系统的存在基础。所谓结构，即指构成整体的各个部分及层次之间依一定规律形成的相互联系、相互作用的总和及其表现方式。因此，如果给"系统"下一个高度概括的定义，则应表述为，**系统是由部分（要素）组成的具有一定层次和结构并与环境发生关系的整体**。例如，一片森林可看成是由低层次的植物、动物、微生物三部分组成的有机整体，这三者相互联系、相互作用着，具体结构可表示为：



整个森林在生长过程中不断与无机环境（包括土壤、水分、空气、阳光等）进行着物质能量交换。我们就说这片森林是一个系统（生态系统）或具有系统性。此外，工厂、学校、医院等等也都是一些系统。

二、"系统"可作为哲学范畴

"系统"可否作为哲学范畴并进入唯物辩证法的理论体系

① L. V. 贝塔朗菲："普通系统论的历史和现状"，《科学学译文集》314 页。

之内？我认为回答应是肯定的。这不是人为地去拔高系统范畴而是因为它具有作为哲学范畴的一切本质特征。

1.系统范畴植根于整个认识史中

哲学范畴植根于整个认识史中。列宁说，哲学史“就是整个认识的历史”。① 而哲学范畴的发展史则是整个认识史的一个基本方面。系统范畴及其历史发展也是这样。

朴素的系统观念早在古代就产生了。无论是古希腊还是古中国，都流行着世界或事物是有机联系整体的思想，这便是古代系统观念的主要内容或表现。如赫拉克利特在《论自然界》一书中就认为“世界是包括一切的整体”。② 毕达哥拉斯指出：“整个的天是一个和谐，一个数目。”③ 古代中医理论和战争理论也都渗透着这种有机整体的观念。亚里士多德关于整体“由若干部分组成、其总和并非只是一种堆集、而其整体又不同于部分”④ 的整体性悖论以及包含着关于事物的秩序、结构和整体思想的“四因说”，则可以看成是古代系统论的最高成就。当然，古代思想家的这些认识，并非建立在科学发展的基础之上，而主要是在实践中凭借感性直观的结果。故从总的方面来讲，还不能不带有笼统的、猜测的性质，属于朴素的系统观念。

当人类已经初步认识到世界的整体特征以后，就必然进一步提出认识世界的组成部分的要求。近代实验科学正是适应这种需要而诞生、发展起来的。“把自然界分解为各个部分，把

---

① 列宁：《哲学笔记》，399 页
② 列宁：《哲学笔记》，395 页
③ 北大编《古希腊罗马哲学》 37 页，57 年版
④ 同上263 页

自然界的各种过程和事物分成一定的门类”，① 然后“孤立起来，撇开广泛的总的联系去进行考察”，② 这是近代科学在研究方法上的主要特点。这种以分析、解剖为主的研究方法、极大地丰富了人们对事物内部各个组成部分的认识，使整个认识前进了一步。然而，这种研究方法被当时某些哲学家绝对化了，导致了形而上学世界观。而在形而上学看来，“事物及其在思想上的反映，即概念，是孤立的、应当逐个地和分别地加以考察的、固定的、僵硬的、一成不变的研究对象”。③ 自然界只不过是各个孤立现象的“偶然堆集”或“机械结合”，整体与部分没有本质差别，因而只要了解了部分，也就了解了整体，等等。这样一来，古代那种有机整体的观念即原始的系统思想就基本上被丢弃了，或代之以机械的系统观了。

从十九世纪开始，自然科学的发展由搜集材料阶段进入整理材料阶段。所谓整理材料，也就是把前一阶段得到的关于自然界各个部分的认识联系起来加以研究和考察，表现在思维方法上也就是从过去那种以分析为主过渡到以综合为主。这种情况必然重新导致人们对世界整体性的认识。但人们这时所了解的整体，已不是过去那种笼统的、偶然堆集的、孤立的整体了，而是包含着各个细节、内部结构及处在一定环境中的整体了。这就是现代的系统观。本世纪以来，科学发展出现了高度综合与高度分化相结合的趋势，适应这种需要，系统论终于诞生并发展起来了。

现代系统观念也有一个形成和发展过程，生活在十九世纪初期的黑格尔首先以唯心主义形式提出了世界是有机联系整体

① 恩格斯：《反杜林论》 18 页、19页
② 恩格斯：《反杜林论》 18 页、19页
③ 恩格斯：《反杜林论》 18 页、19页

即系统的思想，并在《哲学全书》、《逻辑学》以及《美学》等著作中对这种思想作过许多深刻论述。马克思、恩格斯则把黑格尔的系统思想置于唯物主义基础之上，并运用它去研究社会历史问题。但在马克思经典作家著作中，系统思想还是用“总体”、“机体”、“体系”、“集合体”、“总合”等概念来表达的。贝塔朗菲以“机体系统论”为基础，并对本世纪中期以后发展起来的众多系统理论进行了总结和概括，制定了“一般系统论”。这样，马克思主义哲学中原来使“总体”、“总和”等概念来表达的思想，也就终于找到了自己最恰当的、统一的理论形式——系统理论的形式。目前，这个理论正日益深入到科学研究和实践中，成为人们认识世界和改造世界的有力思想武器。

通过历史的回顾，我们可以看出：“系统”范畴的发展史乃是整个人类认识史的一个有机组成部分。系统性原理是唯物辩证法不可缺少的一个方面。把“系统”作为哲学范畴，首先有着认识史上的根据。

2. 系统范畴揭示了物质存在的普遍方式和属性

哲学范畴的一个根本标志是它反映物质世界最普遍的本质联系、存在方式或属性。系统范畴是否具有这样的功能呢？各门科学的回答是肯定的。

现代科学表明：物质世界普遍具有系统形式或属性。从宏观天体到微观粒子，从无机界到有机界，从原生物到人，都是由部分组成，具有一定层次和结构并与环境发生关系的整体即系统，全部已知自然界则是由上述部分所组成．具有复杂结构体系并与未知自然界相互联系着的大系统。社会是由生产力和生产关系、经济基础和上层建筑等部分按一定层次和结构组

成的。处于自然环境中的系统，其中各个部分也都具有系统形式。思维现象也是这样。如整个逻辑思维乃是由一系列思维形式、思维方法和思维规律组成的系统，“真理就是由现象、现实的一切方面的总和以及它们的（相互）关系构成的”系统等等。思维的系统性是物质系统性的反映。①

物质世界不仅普遍以系统形式存在着，而且普遍以系统形式发展着。事物发展的系统特征主要表现为要素、层次、结构、环境诸因素对事物整体发展的综合作用过程。就是说，事物的发展变化总要通过整体的发展变化表现出来，而整体的发展变化则是要素、层次、结构、环境诸因素共同起作用的结果。任何事物发生、发展和灭亡的过程都是这样：在事物发展的上升时期，内部要素不断增长，层次性和结构的稳定性不断加强，与环境关系日益紧密；而在事物发展的下降阶段，作为其存在基础的各个组成部分就会停止增长并衰亡下去，层次和结构就要瓦解和破坏，原来与环境的关系就要减弱和中断，于是它作为一个整体也就无法存在下去了，旧事物就会为新事物所取代，而新事物又重新开始它的系统运动过程。

总之，物质世界是普遍以系统形式存在并发展着的。科学的历史就是不断揭示物质世界系统性的历史。科学本身则是关于客体系统性的知识。古代所以没有“真正的自然科学”，②就因为那时人们对客观世界各个领域的系统性是缺乏认识或认识片面，而在十八世纪，只有数学和力学（刚体力学）在一定程度上反映了客观对象的系统性，从而成为在“某种程度上完成了”③的科学部门。十九世纪以后，各门科学所以普遍发展、

① 列宁：《哲学笔记》 210 页
② 恩格斯：《反杜林论》 18 页
③ 恩格斯：《自然辩证法》 9 页

成熟起来，并使“自然科学的系统化”① 成为必要，也正是由于人类在实践基础上日益全面地、深刻地认识了客观世界各个领域以及这些领域之间系统性的结果。马克思、恩格斯所创立的历史唯物论之所以成为社会科学，一个重要原因也是它深刻反映了人类社会的系统特征。当然，这种反映不是尽善尽美的，它还会随着社会系统本身的发展而发展。目前，各门科学正在揭示物质世界系统性方面飞速前进，并在这个过程中不断完善着自己，发展着自己。否定了物质世界的系统性，也就否定了科学。

物质世界为什么普遍以系统形式存在和发展？归根结底，这是由于客观事物的普遍联系性和对立统一特性决定的。唯物辩证法认为，一切事物都处于内部各要素的相互联系和相互作用之中，同时又与周围事物发生关系；一切事物都是内部“对立面的总和与统一”，② 同时又是“这个事物对其他事物的多种多样的关系的全部总和”③ 与统一。这就决定了一切事物都是系统，都具有系统性。

总之，系统范畴揭示了物质存在的普遍方式和属性，这是“系统”作为哲学范畴的根据之二。

3.系统范畴具有普遍方法论意义

哲学范畴作为方法论具有最普遍的适用性：它不仅适用于认识和改造自然界，而且适用于认识和改造人类社会。系统范畴也是如此。所谓系统方法就是指根据客观事物的系统特性去认识和改造事物的方法。具体来说，就是从整体出发，始终着重

---

① 恩格斯：《自然辩证法》 233 页
② 列宁：《哲学笔记》 238 页
③ 列宁：《哲学笔记》 238 页

整体与部分、整体与层次、整体与结构、整体与环境的相互联系、相互作用、综合地处理问题的一种方法。它可概括为如下四个基本原则。

A． 整体性原则。所谓整体性原则就是要求人们在认识或改造系统对象时，从整体出发，始终注意认识、掌握和改造系统的整体特性和功能。系统方法并不排斥对部分的认识和改造，而是要求给部分以充分的重视。但对部分的认识和改造要服从整体目标。整体性原则是系统方法的核心。

B． 层次性原则。所谓层次性原则，就是要求人们在认识和改造系统对象时，一定要遵循其层次特性，注意整体与层次以及层次与层次之间的关系。任何系统均是有层次的。所谓层次，即指系统内部由于整体与部分的无限对立所形成的一系列等级及其排列次序。系统的层次与层次之间具有质的差异。

C． 结构原则。所谓结构原则就是要求人们在认识或改造客观系统时，注意内部各种要素之间的结构方式，以及这种结构方式对系统整体的作用和影响。具体而言，也就是要注意通过认识、改变系统内部要素之间的相互关系或排列组合方式来揭示或改变整体特性和功能。

D． 环境原则。所谓环境原则就是要求人们在认识或改造系统对象时，注意系统整体同环境的相互联系和相互作用。所谓环境，一般来讲是指系统整体存在和发展的全部外界条件的总和。特殊来说，某一系统整体的环境乃是包含着它的所有更高级系统的总和。据目前所知，系统与环境的相互联系和相互作用主要有物质、能量、信息交换三种渠道或方式。

系统方法的上述四个基本原则不是孤立的，而是相互联系的、相互配合的。我们在运用系统方法去认识和改造客观对象时，必须同时兼顾这四者及其相互联系，否则就破坏了系统方

法的完整性，也达不到正确认识和改造客观对象系统性的目的。

系统方法的普遍适用性归根结底是由系统存在的普遍性决定的，并且日益为科学和实践的发展所证明。如结构原则即是这样："结构"是普遍地存在于事物之中的，没有结构的物质或者意味着事物不可分，或者意味着事物是"偶然事件的堆集"，而这两种情况都是违反辩证法的。事物的发展，除了通过量的变化达到一定的关节点会发生质变外，由于事物内部结构的不同而引起质变，也是一种合乎规律的现象。随着实践的发展，认识的深化，结构原则正日益受到各门科学的重视。例如，结构力学就是以宏观机械运动形式的力学结构为研究对象的；在化学和微观物理学中，对分子、原子、原子核、基本粒子结构的研究更占有重要的地位；在地质学的研究中，科学家正在研究地质结构、地球结构，相应的学科叫地质力学。在天体物理学中要研究天体结构、宇宙结构；在生物学内，科学家正在研究生物的细胞和分子结构。在社会科学方面，马克思、恩格斯早就运用了社会结构、经济结构、上层建筑结构等科学范畴，以揭示人类社会的本质及其发展规律，预测了社会运动的方向。在人类思维领域中，科学家和哲学家们正在探索思维逻辑结构。此外还有专门研究数学结构和语言结构的科学等等。总之，结构原则已经得到广泛的运用，它在各门科学研究中占有重要地位，发挥着重大作用。如果一旦取消了结构范畴，各门具体科学体系就会无法建立，科学研究工作就会无法进行。系统方法的其他原则亦这样。

总之，系统范畴具有普遍方法论意义，这是它作为哲学范畴的根据之三。

4.系统范畴具有普遍的逻辑适用性

哲学范畴也是逻辑范畴，它通行于科学思维的一切领域，

是一种普遍的思维方式。系统范畴也具有这个特征。

人类要正确地进行思维，就离不开系统范畴，系统性是人类思维过程固有的本性之一。在古代，人们是自发地运用系统形式来思维的。如德谟克利特把世界称为“系统”，① 伊壁鸠鲁也把自己所写的“全部关于自然的作品”，称为“整个系统”，② 便是其例。十七、十八世纪牛顿的《论宇宙系统》和霍尔巴赫的《自然体系》的出现，则表明了系统思维方式在近代的运用。但由于受到欧洲占统治地位的形而上学和机械论的影响，没有发扬光大而已。从黑格尔开始，系统思考方式日益受到理论思维的重视，成为其不可缺少的工具。黑格尔的整个哲学体系就是运用系统思维方式建立起来的。马克思、恩格斯所创立的历史唯物论以及政治经济学理论，更是运用系统方法的杰出典范。列宁、毛泽东的许多著作也都闪烁着系统思维的光辉。我们平时也常说，学习知识、调查研究、制定计划、写文章，都要注意系统性。本世纪以来，随着科学的发展，人类认识对象日趋复杂了，由原来认识单质、单层次、单维、多变量的事物发展到认识多质、多层次、多维、多变量的事物了。由原来只认识简单的因果关系发展到认识复杂的结构关系、功能关系、层次关系以及整体与环境的关系了。在这种情况下，“系统”作为逻辑范畴的重要性就更明显。例如，整个国民经济是一个极为复杂的事物总体，各部门本身、部门之间都有着错综复杂的关系。如何准确地描述这些相互关系从而制定出科学的国民经济发展规划呢？传统的只能解决单因素、单质量的方法显然是无能为力的。而把国民经济做为一个复杂系统，运用系统方法的各项原则则能帮助人们较好地解决问题。此外象

---

① 北大编：《古希腊罗马哲学》 95、96、348 页
② 北大编：《古希腊罗马哲学》 95、96、348 页

近几十年内发展起来的脑科学、环境科学、管理科学、空间科学、能源科学等，也都离不开系统思维方式，否则就会一事无成。目前，系统论正以一种时髦的方法论流派活跃于国际学术界，各种科学著作中愈来愈经常地使用"系统"、"系统性"、"系统观点"、系统分析"、系统方法"等概念，各国也纷纷建立系统研究机构，掀起了一股"系统"热潮。这说明系统思维方式正受到人们普遍重视和自觉运用，它必将对人们认识世界和改造世界产生深远影响。

总之，系统范畴具有普遍的逻辑适用性，它是整个人类认识发展过程中的一个小阶段。以系统范畴为依据，人类就可以进一步揭示客观世界更深刻的本质，探索自然现象之网的下一个"纽结"。这是系统作为哲学范畴的根据之四。

4. "系统"与"要素"是对立的统一

唯物辩证法的范畴均具有对偶性。与系统范畴对立的则是"要素"这个范畴。

要素与系统是有质的区别的。系统的性质为要素所没有。搞清了要素的性质不等于懂得了系统的性质。系统的发展规律与要素的发展规律不相同，二者均有相对独立性。要素与系统又是统一的。系统的性质需以要素的性质为基础，系统规律必通过要素之间相互关系（结构）体现出来。没有脱离要素而孤立存在的系统，也没有脱离系统而孤立的要素。要素的功能可以通过结构转化为系统的功能。例如，把发条、齿轮等部件按一定结构联结起来，便可以组成钟表，实现计时功能。要素作为与系统对立的概念当然也可以称为"非系统"。但是这种"非系统"性并不是绝对的，正如静止并非绝对的一样。要素对于它所组成的系统来讲是要素，但是对于构成它的要素来讲又是

系统了。因此，把要素作为系统对立物，并不否定“一切皆系统”的论断。

根据上述五点理由，我认为，“系统是可以也应该作为哲学范畴，并进入唯物辩证法的理论体系之内的。下面对相反观点做些探讨。

有一种观点认为，系统范畴没有回答世界观的问题，因而不能作为哲学范畴。这里首先要搞清：什么是世界观。世界观就是人们对整个世界根本问题的观点或看法。这种观点是很多的。如唯物辩证法的世界观就包括物质观、运动观、时空观、矛盾观、质量观等多种观点。这些观点有机联系着，形成一个世界观的整体，这就是马克思主义哲学。系统范畴是否回答了整个世界的根本问题呢？显然回答了。因为实践和科学的发展已证明，物质世界普遍具有系统方式和属性。现在，国内外反对系统范畴是哲学范畴的人差不多都指出系统范畴没有回答世界的本原问题，知识的来源问题等等。其实，这都是些无理要求。“系统”作为唯物辩证法的范畴之一，只回答物质存在的方式或属性问题（对此，本文最后还有专论），而不可能回答一切问题。如果根据系统范畴没有回答世界观的所有问题，因而就否定其是哲学范畴，那“物质”、“运动”、“时空”、“矛盾”、“质量”等范畴岂非也就谈不上哲学范畴了吗？因为这些范畴也只回答了客观世界某一方面的根本问题呀？可见，持上述观点的人是把回答世界观的全部问题作为衡量哲学范畴的标准了，而这是行不通的。

还有一种观点认为：系统原理不过是把普遍联系的辩证思想具体化而已，因而“系统”不能成为独立的哲学范畴。应当承认，客观系统性的基础是普遍联系，因而系统范畴也就离不开普遍联系思想。但是，系统思想与普遍联系思想并不是一回

事。一个人懂得了物质世界的普遍联系性，并不等于懂得了它的系统性。掌握了普遍联系方法，并不等于掌握了系统方法。所以，把系统方法同普遍联系方法混同起来是错误的。其次，系统范畴确实把“普遍联系的辩证思想具体化了”。但这种“具体化”，主要在于系统性原理揭示了物质世界又一新的普遍联系形式，即系统联系形式。系统联系的特点是整体性、层次性、结构性、环境性等等。核心是整体性。物质世界的普遍联系形式是无限多样化的。如有时间联系、空间联系等等。系统联系是其中之一。如果因为系统范畴把普遍联系思想具体化了，就否定系统范畴可作为独立的哲学范畴存在，那同样会导致否定辩证法其它联系范畴的哲学独立性。而这显然是荒谬的。

也许有人会说，用“整体”范畴取代系统范畴不行吗？当然不行。整体性只是系统的一个主要特性，但不是全部特性。除整体性外，系统还具有层次性、结构性、环境性等等。用整体范畴去取代系统范畴，怎么能够反映出系统的这许多内容呢？恩格斯早就指出：“部分和整体已经是在有机界中愈来愈不够的范畴了。”① 但由于科学发展水平的限制，他当时没有能够提出“系统”这一范畴。这个任务在本世纪被完成了。实际上，系统范畴在内容上要比整体范畴深刻的多，在适用性上要比整体范畴广泛的多。用整体范畴取代系统范畴，不仅会否定系统范畴的重大理论价值，而且是认识史上的一个退步。

把系统作为哲学范畴，当然不等于把全部系统科学也作为系统哲学。目前，系统科学的部门或种类极多，但它们大都是以各式各样具体的系统属性或发展规律为研究对象的。例如，数学系统论就是专门研究各种数学系统特征的，控制论则专门研究各种可控系统，等等。这些内容显然不具有作为一般哲学

---

① 恩格斯：《自然辩证法》54 页

理论的特性，它们与作为哲学系统范畴的关系是个别与一般、具体与抽象的关系，受哲学范畴内容的指导。

三、系统范畴在唯物辩证法中的地位和作用

系统范畴是揭示物质存在的基本方式和属性的范畴，它与物质、运动、时间、空间等范畴既对立又统一，丰富了哲学物质论的内容。

唯物辩证法认为，世界的本质是物质。运动、时间、空间是物质存在的基本方式或属性。实践和科学的发展表明，系统也是物质存在的基本方式和属性。如果"客观实在"是没有系统性的东西，就不能成为感觉和认识的源泉了。古代朴素唯物主义者和近代机械唯物主义者不能科学地揭示物质的系统特征，其中特别是层次、结构特征，因而他们对物质统一性的认识，只能是粗糙的、模糊不清的，并且经不住唯心主义的进攻。随着实践和科学的发展，人们深入到物质的内部层次、结构，从自然物质客体中发现了分子、原子、电子和其它一系列基本粒子，人们才获得对物质这一"客观实在"的越来越清晰、具体和深刻的认识，哲学物质论的威力也才日益强大起来。

系统作为物质存在的基本方式或属性与物质不可分。然而，系统与物质并不是一回事，二者不能等同。当我们谈到某物或某事是一个系统时，某物或某事具有系统性或以系统方式存在着。而不是说，事物＝系统。系统的客观性是从物质的客观性来的，系统也只能随着物质的发展变化而发展变化。然而国外却有一种观点认为，"系统是独特的物体类型"，"系统概念恰好正是'物体'范畴的这种具体化"。① 国内也有人推崇这种观点。其实这是错误的：它既混淆了系统和物质（物体、事

① 《自然辩证法通讯》，81.5，78页

物、实体）这两个概念，又否定了系统的普遍性，除了给人造成混乱之外，并无“优点”可言。

系统与运动、时空之间是既相区别又相联系的。运动是指物质的一般变化，发展和相互作用。时间是物质运动的顺序性、间隔性和持续性。空间则是运动着物质的伸张性或广延性等等。而系统呢？则是指运动着物质统一体内诸成份组合成整体的特性。它包括层次性、结构性等等。“系统”主要揭示的是物质存在的内在方式和属性，而运动、时空范畴则反映了物质存在的外在方式和属性。这就是它们的区别所在。它们的联系则表现为：一方面，离开了运动、时间和空间范畴，就无法理解什么是系统以及系统的发展变化。如物质系统为什么会具有不同的层次和结构特征？这只有从物质的时空特性上才能得到说明：耗散结构理论揭示，开放系统的层次结构性（有序性）是由于物质粒子在与外界的相互作用中不同的时间和空间排列的结果。另一方面，关于运动、时间和空间范畴，也只有坚持系统观点才能得到科学地解释。如讲物质运动，离开了物质内部的构成要素、层次、结构以及环境的变化等等。就会成为抽象的、不可理解的东西了。爱因斯坦说：时空是不能独立存在的，只能作为场的结构性而存在。”① 这也是对时空与系统相互联系的科学说明。

总之，物质、系统、运动、时间、空间是不可分割的统一整体。现代科学的发展，特别是爱因斯坦的相对论以及布鲁塞尔学派的耗散结构理论是对这种统一性的有力佐证。把“系统”作为物质存在基本方式和属性范畴纳入唯物辩证法的理论体系，使马克思主义哲学物质论的内容进一步丰富和深化了。

---

① 爱因斯坦：《狭义与广义相对论浅说》 121 页

系统与信息

周怀珍

任何系统都是由相互联系的一些元素构成的复合体。现代系统论提出了关于一般系统的基本观点是：整体性、动态性、协调性和层次性观点。研究系统性特征离开信息概念是讲不清楚的，系统与信息关系十分紧密，也只有把它们联系起来考察，才有助于我们正确理解它们的实质。

一、系统与结构信息

一切系统的整体特征归根到底是由它内部结构的组合方式决定的。

任何稳定的系统都必须具备这样的条件：它内部相互联系的结合能大于其组成单元的总动能及与外部结合能之和。否则，这个系统就会在内力或外力的影响下发生分裂或瓦解。因此，系统内部组成单元之间必有一定方式的联系，其中不同单元（包括不同元素及各元素的不同状态）的数量及其相互联系的多少，决定系统的组织程度。若其系统的各个组成单元完全相同或完全独立互不关联，则它的组织程度为零，即是“无组织”、“无纪律”的一盘散砂。只是形式上的毫无整体性内容的系统，也可以说是瓦解了的系统。系统的组织有简单和复杂，组成系统的元素或状态数愈多就愈复杂，它们之间的联系

愈多就愈有序。如系统的组成单元各不相同，而每一单元对其它所有单元都有关联，则系统的组织程度就很高，它们有序化程度最高。如系统的组成单元只有少数有关联，或只有在某种条件下有关联，其它情况下均无关联，则系统的组织性、有序性就较差，该系统的组织是比较松散的。

系统内部的组织性、有序性是由各单元之间的相互联系的综合“模式”决定的。这种“模式”的产生与各组成成份或元素的运动状态特性有关。比如，热运动状态，它是一种普遍存在的混乱运动。由于热运动的本质特性使一切物质系统的结构模式趋向“无组织”、“无纪律”，使系统向混乱无序状态方向发展。一块有序排列的磁性体，在热运动的作用下将打乱磁元体之间有序排列，而由此失去了磁性。一个有结构的中性原子系统，在一定高温条件下可以产生混乱的离子态。一个由分子有序排列的结晶体，在热运动加剧到一定程度时将会改变晶格位置，到临界点则会使晶体瓦解。对于任何一个系统来说，它的内部或外部的联系和作用中都不可避免地存在着破坏有序和标志着混乱无序的热运动。然而，任何物质系统状态都是多种运动形式的统一体，任何系统都不可能是单一的运动形式。即使是最简单的原子系统，它内部也有电磁运动，有强的和弱的相互作用，还有内部基本粒子的混乱运动。将各种运动形式综合起来看，它们可分为无序的热运动和其它有序的运动，即机械运动、电磁运动、光运动、以及引力相互作用、弱相互作用和强相互作用或超强相互作用等所产生的各种运动。前者所以是“无序的”，就因为热运动本质上是没有确定方向的混乱运动，也可以说是具有无限方向性的“自由化”运动。后者由于作用力的原因，一般都具有某种特定的运动方向，在时空中表现为某种前后秩序的有序性运动。因此，它必须用矢量来描

述。然而，无论那种具有特定方向的运动形式都不是孤立存在的，它们相互联系、相互制约，又在一定条件下不得不相互转化。与此同时，又会产生出有序运动的对立面无定向的混乱运动。例如，机械运动通过作功（$\vec{F}\cdot\vec{S}$）而转化为热运动或部分热运动和别的有序性运动。其它有序性运动形式之间的联系和转化也都伴随着一定热运动的产生。而热运动转化为其它运动形式时，都只是部分的转化为有序性运动。热力学第一定律告诉我们：外界传递给一个物质系统的热量等于系统内能的增加和系统对外所作的功的总和。向外作功是机械运动，而内能则是系统内部热运动的动能和势能的总和。这就是说，任何系统的运动状态和变化过程都包含着无序的热运动形式和其它有序的运动形式。任何物质系统都是有序和无序的对立统一体，即多种有序的定向运动和无序的热运动相互联系不可分割地存在于任何系统中，它们相互作用，并在一定条件下相互转化。由此使系统由无序向有序或由有序向无序的趋势发展。因而我们对任何系统的描述都离不开有序和无序。既可以从有序的角度去看系统的有序性程度，也可以从无序的角度去描述系统的无序性程度。由于它们是对立统一的关系，因此系统的有序性程度愈高，它的无序性程度就愈低；系统的无序性程度愈大，则它的有序性程度就愈小。这只是对同一系统的不同表述而已。

我们通常用热力学中的熵来表示系统的“无组织”、“无纪律”的无序度或不定度。如系统有 n 个单元数，而每个单元与其它单元可能有关的数 k，则系统有 $k^n=N$ 种可能的结构关系。这些结构关系的出现都是不确定的，可以看成是随机的偶然的，它们各以概率 p_i 出现。则系统结构的不稳定度为 $H=\sum_{i=1}^{n}p_i\log p_i$。而对于这种不定度即无序度的排除，是靠

它的对立面有序性结构，即系统内的各种特定的相互联系相互作用的结合形式（或称“模式”）。正是这种由各组成部分的各种有序运动综合而成的结合模式称之为结构信息，也就是把能够排除系统结构不定度的某种确定的系统结构模式叫做结构信息。由此而能够排除的最大不定度的最大信息量是 $I=-\sum_{i=1}^{n}p_i\log p_i$。不定度排除的程度就是该系统的组织程度和有序程度。信息（负熵）作为有序性组织性量度，它“与随意的分布相比是处于一种非概然的状态”。（贝塔朗菲：《一般系统论的意义》，《自然科学哲学问题》1981 年第 1 期第 73 页）即在多种可能性中被选择的某种确定性状态。“在信息理论中，单位信息量就是对具有相等概念的二中择一的事物作单一选择时所传递出去的信息。”（维纳：《控制论》第 10 页）这种选择的结果必然消除了某种不定度或无序度，使系统具有某种有序度。

系统状态的有序程度，可以偏离最大熵（无序度最大）的“多余度”γ 来表示：

$$\gamma=1-\frac{H}{H_{max}}=\frac{H_{max}-H}{H_{max}}$$

多余度 γ 即被消除的无序度与最大无序度之比值。偏离最大熵 H_{max} 的多余度 γ 愈大，系统的有序程度愈大。一般系统的多余度 γ 均在 0 与 1 之间（$0\leqslant\gamma\leqslant1$），当 $\gamma=0$ 时，系统完全无序，$H=H_{max}$；当 $\gamma=1$，系统完全有序，$H=0$，系统为理想的完全确定的状态。系统的组织可看成是无序和有序的同一，熵和信息是同一个系统组织模式的无序度和有序度的量度。

信息概念的实质，在通讯理论中首先被揭示出来，信息是

一切通讯系统的共同本质，它不仅体现了通讯目的消除不确定性，获得确定的消息或关于某事物的状态。更主要是揭示了信息运动的规律性。信息必须以相互联系为前提，以一定载体作为中介，通过不同形式的转化进行传递，最终达到复制再现的目的。信息联系不同于实物联系，信息通讯“从线路的一端到另一端之间根本不需要任何一点物质的运动。”“消息的运送也已经能使人的感觉和能力从世界的一端延伸到另一端。”（维纳：《维纳著作选》第 85 页）信息在通讯中为什么有这么大“魔力”？信息是怎样运动的？它为什么能不通过实物联系而只需部分能量就可消除这距离通讯中的不确定性？为了弄清这些问题，必须从通讯系统的整体性着手，分析信息传递的全过程。信息论创始人申农概括出一切消息通讯系统的一般模型：

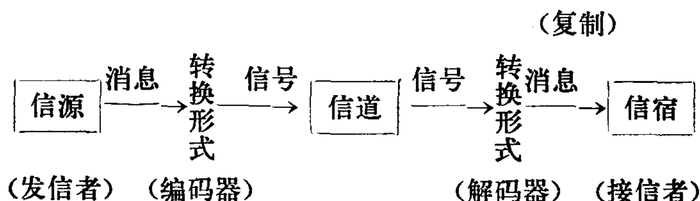


图 4

第一，信息通过首先是在发信者与接信者之间进行，两者又必须通过中介即信道传递。信息通讯是不同于物质联系的一种间接联系形式。整个通讯系统的各个部分(不同质的子系统)通过信息传输而串连起来，因此，信息是系统内部普遍联系的共同形式。

第二，信息在不同质的子系统中传输，它必须转换形式，使它适合于信道和接信者的特性。也就是说，发信者发射的消息作为一种组织模式转化成某种形式，这种形式在信道、接信

者等不同子系统中都能产生某些对应的关系即同构或同态转换的关系。这在人机通信系统中，是由编码器完成的。但是在自然通信系统中，则首先是由信源物质系统本身的发射机能来完成的。即将其发出的消息(某种性状)转换成相对应的、可传输的、可接收的普遍形式一信息。这种普遍联系的形式是包含着消息的内容的，但它又必须通过其它有序性的物质运动形式表现出来，表现为不同质的系统之间的“可传输”、可转化、“可接收”的联系形式。如一般都通过信道中的光、电等运动来传送。这种运动形式的有序性较高方向性好，它在时空中传播的距离就较远。因此，可从“世界的一端延伸到另一端”，而无需信源和信宿的直接接触。当信息传至信宿时，信宿必须能将信息再转换（翻译）成消息的结构形式，将消息再复制出来。这个“再转换”过程在人一机通信系统中是由解码器来完成的。在自然通信过程中则是由信宿物质系统的接收（吸收）机能或反映机能来完成的。如果该系统不能实现“再转换”，那么它也就不可能把消息或“模板”再复制出来。正是这种对应的相互转化关系，才能使消息通过信息传递而最终又被复制出来。信息的复制特性证明了接信者对发信者发出消息的不确定性被消除了，接信者收到信息即获得了确定的消息。因为任何消息都是有客观内容的。

消息的发出，对信宿来说是偶然的不确定的作用因素。虽然这种消息本身是完全确定的，但它必须是以随机的不确定的形式存在于信宿之中，是信宿本身可能转化出来的一种未确定形式。对接信者来说，未获信息之前，消息的内容是未知的，但它必须是可以认识的，能够转化出来的。从这意义上说，它以未确定的知识形态存在着，一旦得到信息，未知的、不确定的知识即转化为确定的已知的知识。接收信息的过程是一个从

不确定向确定的转化过程。对于自然通信来说也是一样。信源发出的某种性状（消息）在信宿系统中必须是可能转化出来的一种不定的运动形式或状态，没有获得信源的作用之前，先以不定的“自由”形式存在着。一旦接受了信源某种消息的作用，则将不定的“自由”运动形式转化为确定的运动形式或状态。这同样是一个消除不定性，从无序运动向有序运动的转化过程。

第三，信息通讯是一种确定的定向运动，它以同一的输出与输入形式联系着各个子系统，从发信者到接信者信息有着确定的运动方向和趋势。无论在人一机通信还是自然通信中都是如此。

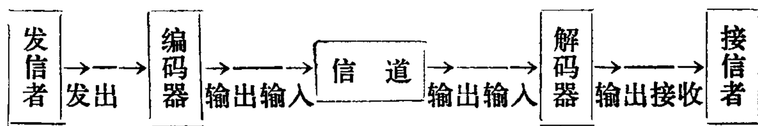


图 4 人一机通信系统的联系形式

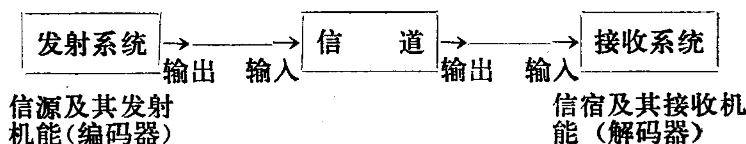


图 5 自然通信过程的联系形式

信息过程本身具有确定的、有序的、目的（复制）性特征的，方向和趋势。因此，信息过程本身具有确定的、有序的、目的性特征的，它与熵的无序性混乱运动有不同质的区别。信息的有序性是在相互联系的通讯过程中体现出来的。一个系统若要提高有序程度，必须通过信息传递接收信息，才能消除该系统的无序度。

二、自组织系统与信息（负熵）流

有序的系统并不一定是组织系统。任何一个自然系统，它虽有序，但没有外界的物质和能量交换，就可随着系统内不可逆的热交换过程逐渐趋于无序，或由于外部偶然的干扰而失掉有序，熵不断增长，最后达到热平衡完全无序。这时组织瓦解，系统衰亡。

所谓自组织系统必须是能够从外界吸取能量和信息，以补偿自然增熵所失去的有序，或不断增加有序，使系统的组织化有序程度提高，这就是自组织系统。

自组织系统的形成可有以下几种情况：

1． 系统从外界获得信息和能量，不断克服自然增熵。系统在环境中，不断接收信息，经过不断“学习”和“积累经验”，转化为自身的某种有序性，逐渐变无序为有序，变不定为确定，因而自成一个组织系统。

外界虽没有物质加入，但在这系统中却可以复制出外部输入的某种消息或状态，因而系统内出现一定有序结构。把原来的无序状态按照消息或事物状态的模式重新组合为一定有序状态，这样就形成了自组织系统。

2． 系统从外界环境中吸取一定“养料”保持系统自身有序度不变。即系统虽没有从外界获得信息增加有序度，但由于增加了适合系统需要的元素或状态，则该系统不断“生长”，因而成为组织系统。

3． 系统从外界环境中既吸取“营养”，又获得了能量和信息。则系统必然一方面在“生长”，不断增加元素和状态；另一方面又在环境中“学习”获得“经验”，不断增加有序

度，而系统组织的有序程度要比新状态并入的更快，这就是较完善的自组织系统。例如一切生命有机体都一方面在生长、发育，另一方面又在环境中“学习”，自组织能力强，与外界的适应性也强。随着外界信息流的增加，系统的组织程度有序程度增强了。系统状态呈现出新的特点，主要表现为它的整体性功能显著增加，它区别于其它系统和环境的自主性增强了。从这意上义说，信息是某种物质系统进化发展的动力因素。信息反映了一切物质系统运动过程中组织性有序性变化发展的特性。它区别于自然系统熵趋最大的无组织无秩序的变化发展特性。然而，它们都是对系统整体性运动状态的反映，它们从正反两个方面反映系统的整体性能。

系统的自组织程度可以靠信息流来达到，信息流与能流在许多情况下是一致的。如由某物体所发射的光到达眼睛或光电管等感受器，那么就会引起有机体或某种机器的反应。可见在能流的同时也传递了信息。然而，信息流在有些条件下与能流并不一致而是相反，或是在没有能流和物质流的情况下，照样可以传递信息。如在电缆的两端信息可以在任何一端传送，当电缆的一端供电或中断停电，而另一端均可获得信息。又如安装在许多大楼里的光电自动开门器，当影子切断光能，这一消息传入装置，它就作用于门，门就打开，让客人通过。上述两种不同情况都可以看作是某种“变化”，在这些“变化”中都具有前因后果的有序性联系，这种有序的必然的因果联系正是信息运动的本质特征。由此可见，信息不同于物质和能量的运动，它反映了物质和能量的前后有秩序的转化关系。“信息是表征客体的变化或客体之间相互差异或关系的东西。”（蔡长年：试论“信息论”）因此，信息的传送离不开物质载体和运动能的。信息是从整个总体出发（包括从子系统整体出发），

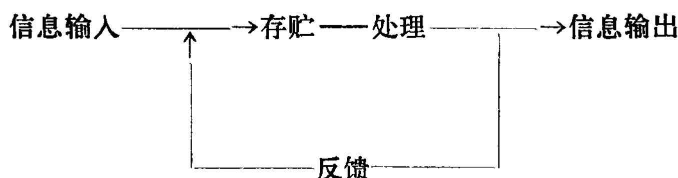
反映了各不同质的部分依据一定关系转化的联系形式。这种关系是指确定的先后秩序的转化关系（context），即来龙去脉的前后关系。一切信息的传输过程都以确定的输入和输出的同一形式反映系统内部和外部的前后转化关系，这种转化关系包含了不同质的差异性。所以能转化为不同质的形态，则是由于它们之间存在着内在的必然的，具有确定性前后关系的因果联系决定的。但是，信息要反映总体特性，表明系统全过程的来龙去脉而决不是孤立的、单质因果联系，而是普遍的具有“历史性”的因果联系形式，即多质的因果链环，它是由各种因果联系综合而成的。因此，信息从总体上反映系统进化发展的动力因素，它是由一系列前后转化的因果链条综合为同一的目标行动，这就是系统的整体性功能的根源。

三、活稳态系统与信息反馈

稳定态系统是指系统状态不随时间的变化而变化。稳定态与平衡态不同，后者指孤立的封闭系统，内部由于热交换而熵趋极大所达到的热平衡态。前者指在与外界保持一定稳定的联系下，系统不发生变化，而处于非平衡的稳定态。如果系统在变化的环境中存在，在与外界有物质、能量和信息交换的情况下，系统仍然保持自身的稳定性。这就是活稳定态。活稳定态系统必须具有较强的自控调节能力，以便随时应付外界情况的变化，而不致于遭到分化瓦解。如人体的温度一般在 36.5℃ 上下，变化幅度很小。因此，人是恒温动物。不管外界气候变化多大，无论是 39℃ 的炎热或零下 20℃ 的严寒，人体在一定条件下，体温仍能保持 36.5℃ 左右，人类照样能在变化多端的大自然中安然生活着。当人体感受热时，通过神经传至下

丘脑前部的散热控制器，再作用于蒸发控制器使之发汗散热；当人体感受寒冷时，通过神经传至下丘脑后部发热控制器，调节细胞内分泌加速新陈代谢发出热量，又指挥肌肉加剧运动（发抖），以此与外界温度相抗衡。人类的这种“天赋的”适应能力是由生物长期进化发展而来的。这种适应能力无疑是生物系统从外界不断接收信息流所逐渐形成的。决定这种适应能力的是人的特殊生理构造和复杂的控制系统。有效的控制行为必须由某种反馈过程来提供信息，没有信息反馈也就没有行为的控制。控制部分和被控制部分的“结构本身是预定它能完成什么任务的一个指标”，这个“指标”是靠反馈信息来确定的。即靠反馈信息使某种行为得以确定。如中枢将输入的信息加以重新组合（调整）并传输到被控制的效应器，效应器的功能又通过反馈被输回到接收器而加以监控，信息反馈用以使一些行动趋向一个目标。因而形成了一个自我控制的系统。

反馈信息实际是双向通讯形成的信息环流及转换的因果链环，但它们仍然保持完全确定的运动方向。



在这里因果联系真正溶化在相互作用中，因转化为果，果又转化为因，因再转化为果，原因和结果相互转化形成同方向的环流，这就使得不同的初始状态最终可达同一目标。

反馈信息为什么能控制系统状态？因为产生反馈信息流的控制器储存有规定系统行为的特征，行动规则，演进程序和实施方案等主要信息，这些信息均包含一系列因果性转化关系。

当控制器取得信息时，可进行鉴别比较，作出判断，然后输出信息，即通过控制信号作用于被控制部分。通过执行一系列可能的随机出现的某一任务，达到对系统目标的控制。“人造机器和生命有机体以及社会系统中的目的论或目的性行为就是以反馈性质的机制为基础的。(贝塔朗菲:《一般系统论的意义》，《自然科学哲学问题》1981 年第1期第 74 页)过去被唯心主义奉为天堂的“目的论”，原来被人们认为是科学彼岸的神圣的“活力论”，现在已回到了现实客观世界。所谓目的性，正如列宁所指出的“事实上，人的目的是客观世界所产生的，是以它为前提的——认定它是现存的、实有的。(列宁:《哲学笔记》1961 年版第 210 页)外部世界客观规律性乃是目的性活动的基础。信息反馈能够实现动稳态系统的控制功能，则是建立在通过偶然性表现出来的，受着因果关系支配的规律性基础上的。

四、系统的自然衰亡与信息的不可逆性

一切自然系统在孤立的封闭的条件下必然通过内热交换而达到热平衡，最后系统的组织趋于瓦解。原来各单元各种运动状态在时空中分布的不均匀性消失了，系统内有序运动综合的因果链条消失了。最终达到完全无序的绝对的均匀分布。这就是自然衰亡的过程。系统衰亡的同时，信息也由于无序的热运动而遭破坏，有序转化为无序，直至信息完全消失。

系统内部的有序性运动即以各种相互作用(力)所决定的具有确定方向的运动形式。然而这些有序性运动的关联，在它们相互联系相互作用的转化过程中，都伴随着无序性热运动的产生。由此说明，任何系统的自然过程都趋于无序化即无序性

增加，有序性减少。热力学第二定律熵增加原理说明了，一个系统的热运动的本质是使系统趋于无序化，任何系统的自然变化过程均是由有序向无序发展。

在一个复杂的高度组织化有序的自控调节系统中，信息流在各个通讯过程中都要受到一定干扰，信息可能损失一些，而损失掉的信息不能再恢复。系统中信息传输，每经过一阶段都要翻译，在编译过程中（形式转换）也可能损失一些，而失去的信息量在系统内是无法补偿的。即使采取了抗干扰措施，也只能减少信息的损失。信息的损失几乎是不可避免的，而在传递过程中信息量是不可能增加的。因此，维纳说："信息可能丧失但不能增加这个事实，就是热力学第二定律在控制论上的形式。"（维纳：《维纳著作选》第 64 页）任何信息都是有一定内容的，它反映信源的某种状态和性能即消息，经过传递和翻译，译出的消息便是排除的熵，而排除的熵不可能大于信源的消息熵，只能小于信源的消息熵。因此，原消息的最大熵一般不大可能全部排除，在传递的各阶段各过程中都可能因干扰的影响而使信息失真。因而，不再保持原有的消息模式，不再保持它正在转换前原有的确定性。在这里同样受着熵增大原理的支配。热力学第二定律的核心是热运动过程的不可逆性，它是自然界的一个普遍规律，它不仅说明一切封闭的自然系统都要自行衰亡，它的过程都具有不可逆性，即发展的历史过程本身是不可逆的。它还说明了一切通讯系统、自控调节系统中的信息运动都是可失不可复的，同样具有不可逆性，正是在系统本身演化过程的不可逆性基点上，将熵与信息的本质统一起来了。

熵与信息（负熵）在任何系统中都是对立的统一。它们不可分割地相互联系相互依存，并在一定条件下相互转化。因此，

我们在研究任何系统的结构组织、功能特性、运动状态或过程时都必须运用这对范畴。然而，描述系统的组织程度、有序化程度以及系统复杂进化过程的都是信息。

现代系统论的发展愈来愈和控制论、信息论趋于统一。然而系统和信息必竟是两个不同范畴。它们从不同的方面反映了物质运动相互联系的形式。有的同志说系统论可以包括控制论和信息论。笔者认为从研究对象的范围来讲可以这样说，但从理论关系来讲，如何揭示系统的基本特性，就不得不以发展的信息论和控制论为它们的理论基础了。任何系统都是由一定元素构成的，而物质、运动、能量、时空、信息等基本范畴无疑是构成系统论理论不可缺少的基本“单元”。

参 考 文 献

1. 王鼎昌：《信息论的发展和意义》载《自然辩证法通讯》1981 年第 2 期
2. 王鼎昌：《“量——质”信息与控制论系统》载《信息与控制》1981 年第 1 期
3. 贝塔朗菲：《一般系统论的意义》载《自然科学哲学问题》1981 年第 1 期
4. 沈小峰：《耗散结论理论中的哲学问题》载《哲学研究》1981 年第 1 期
5. 魏宏森：《现代系统论的产生与发展》载《哲学研究》1981 年第 5 期
6. 维纳：《控制论》
7. 维纳：《维纳著作选》
8. 申农：《通信的数学理论》

9. [英]A·M.罗斯著：《信息与通信理论》
10. G. Longo, 《Information Theory New Trends and Open Problems》, CISM Courses and lectures No.219 Springer-Verlag, Wien-New Yonk, 1975

信息论、信息科学中的若干方法

王雨田　　周桂茹

信息论是一门新兴的横断学科，它产生于本世纪 40 年代末。最早局限于通信领域，经过三十年来的发展，由于现代自然科学发展的综合整体化趋势，信息的概念以及信息的一些基本理论已经超越通信领域，逐步推广、运用于其他学科，涉及各个不同的领域，在此基础上，于 70 年代初出现了信息科学。随着信息论的产生及其向信息科学的发展，与之相适应的数学工具、研究方法必然有所改变，其中涉及到一系列重大的方法论问题。本文仅就其中的某些问题，作一些初步探讨。

（一）

为了探讨有关的方法论问题，有必要对信息论与信息科学的研究进展作一简要的回顾。

本世纪 20 年代，由于通信技术的发展和需要，奈奎斯特（Nyquist, H）与哈特莱（Hartley, L.V.R）最早研究了通信系统传输信息的能力，提出用对数作为信息量的测度。哈特莱首次提出了消息是代码、符号。信息是包含在消息中的抽象量。提出了用消息出现概率的对数来度量其中所包含的信息。

到了 40 年代，随着雷达、无线电通讯和电子计算机、自

动控制相继出现和发展以及防空系统的需要，促使许多科技工作者在各自的岗位上对信息问题进行了大量研究，从而使信息论中的一些概念得出同一结论。维纳（N·Wiener）在《控制论》一书中指出，单位信息量的思想差不多在同一时候由好几位科学家提出来的，其中有统计学家费希尔（R·A·Fisher）以及申农（C·E·Shannon）和维纳本人。①

1948 年申农发表了著名论文《通信的数学理论》（《A Mathematical Theory of Communication》），1949 年又发表了另一篇论文《在噪声中的通信》（《Communication in the Presence of Noise》），提出了信息熵的数学公式，从量的方面来描述信息的传输和提取方面的问题。申农的这两篇著作奠定了现代信息论的基础。

维纳差不多与申农同时发表了两篇著作：《控制论》（《Cybernetics》，1948 年）与《平稳时间序列的外推、内插和平滑化》（《Extrapolation。Interpolation, and Smoothing of Stationary Time Series》，1949 年）。维纳主要是以自动控制的观点研究信号被噪声干扰时的信号处理问题，建立了“维纳滤波器理论”。维纳还对信息概念作了解释，提出了测量信息量的数学公式，同时也提出了信息的实质问题。信息论成为控制论的一个基础理论。

美国的另一名统计学家费希尔则从古典统计理论的角度研究了信息理论，提出了单位信息量问题。

维纳和申农各自证明，如果某物具有 n 种独立的可能结果：x_1，x_2，$x_3 \cdots\cdots x_n$，每一状态出现的概率分别为 $P(x_1)$，$P(x_2)$，$\cdots\cdots P(x_n)$，且有 $\sum_{i=1}^{n} P(x_i)=1$，则该事物所具有的

① N·维纳：《控制论》第二版，科学出版社，1963 年，第 10 页。

不定性数量 $H(x)$ 为：

$$H(x)\ (\text{熵函数}) = -\sum_{i=1}^{n} P(x_i)\log P(x_i)$$

当对数底为 2 时，$H(x)$的单位为比特。

信息量等于被消除的不定性的数量，这是申农等人信息论最主要的结果之一。从此，通信科学就由定性阶段进入定量阶段，并为信息论及信息科学的研究奠定了初步的理论基础。同时，也正因为申农等人的理论只是对某些信息作定量的描述而不考虑信息的其他方面，如信源发出的信息语义（意义）如何？怎样对之定量描述？信源收到信息后的效用如何？价值如何？这些问题正是申农理论未能解决的不足之处。申农的信息理论经过 30 年来的发展，到了 70 年代，它已经越过通信领域而广泛渗入其他学科，特别是涉及到对大系统和复杂系统的研究。因而对信息的概念和实质，信息熵以及语义信息（是指信源发出的信息所包含的意义）、信息的效用（是指信源所发出的信息被收信人收到后所起的效果和作用，亦称有效信息或相对信息）等问题，要求有更确切的理解和更一般性的理论，从而出现了信息科学。

信息科学是以信息论为基础与计算机和自动化科学技术、生物学、数学、物理学等科学相联而发展起来的。因此，它所研究的领域要比申农信息论的范围广，同时也要研究申农理论中未能解决的问题。

关于有效信息、相对信息、模糊信息等方面的研究，目前也有一定进展。

1968 年贝里斯（M·Belis）和高艾斯（S·Guiasu）首先提出信息的“量——质”统一量度。他们在申农信息结构上引入“有效分布”：$U=(u_1, u_2, \cdots\cdots u_n)$，每一个 u_i 是第 i 个

事件出现的效果，用非负的实数表示，它一般是独立于事件发生的概率。有效信息结构 S^* 为

$$S^* = \begin{pmatrix} E_1, & E_2, & \cdots\cdots E_n \\ u_1, & u_2, & \cdots\cdots u_n \\ p_1, & p_2, & \cdots\cdots p_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} E \\ U \\ P \end{pmatrix}$$ ①

其中，$E=\{E_1, E_2, \cdots\cdots E_n\}$ 代表抽象的随机事件集，$P=(p_1, p_2, \cdots\cdots p_n)$ 为遍于事件 E 上定义的概率分布。

由此可以推导证明，得到有效信息 $I(P; U)$ 为

$$I(P;U) = -K\sum_{i=1}^{n} u_i p_i \log p_i$$

其中 $u_i \geqslant 0$，$\sum p_i = 1$，K 的意义同申农信息，是与选用的单位有关的常数，如取以 2 为底的对数时，信息单位为比特，则 $K=1$。

当系统对所有事件有效性的差别可以略而不计，$u_i = u$（对所有 i），就有

$$I(P;U) = -Ku\sum_{i=1}^{n} p_i \log p_i = uH$$

表示这时的有效信息是量的信息 u 倍。当有效性都是 1 个单位，即 $u_i = u = 1$（对所有 i），则

$$I(P;U) = I(P) = H$$

表示还原为申农的负熵，可见量的信息是有效信息的特殊情况。

---

① M·Belis, S·Guiasu, A Quantitative—Qualitative Measure of Information in Cybernetic Systems, IEEETrans. Information Theory IT—14, 1968.

后来在 1971 年高艾斯和波卡德（picard）把量质统一量度信息称为“有效信息”。①

1977 年加拿大的詹马利（G·Jumarie）在《相对信息的应用》一文中研究了“相对信息”。他把信息与产生信息的信源和使用信息的观察者作为三位一体的对象来考虑。他认为，对于给定的某个实际总体 U（它可以是生物总体、社会总体、语言学总体……），给定的观察者 R，给定了观察者 R 的一个系统（S/S）——它是总体 U 的某个子集，系统（S/R）同它的环境（$\bar{S}$/S）交换信息，可以由四个状态变量来描述：

内熵 H_i（S/R）——R 拥有的关于 S 的内部结构的信息量；

外熵 H_0（S/R）——S 拥有的关于它的环境（$\bar{S}$/S）的内部结构的信息量，它具有相对论中的时间的性质；

目标 V（S/R）——系统希望执行的目标；

交换势 W(S/R)——信息在系统内转换的效率。

所有这四个变量都是相对的，因为它们都明显地依赖于观察者 R。这四个变量类似于相对论中的时空变量，因此可以对它们施行洛伦兹变换，由这个变换就得到对另一观察者 R′ 的相对信息：

内相对信息 I_i(S/R/R′)——由 R 提供给 R′ 的关于 S 的内部结构的信息；

外相对信息 I_0(S/R/R′)——由 R 提供给 R′ 的关于 S 的外部结构信息。②

---

① 王鼎昌：《“量—质”信息与控制系统》，《信息与控制》，1981 年，第 1 期，第 5—6 页。

② 钟义信：《信息科学的现状与未来》，北京邮电学院学报，1978 年，第 1 期，第 72—73 页。

模糊信息是指现实世界中有一类事物的信息，其界限是模糊的。模糊信息对应的不定性是在一定条件下由事件的模糊度的性质引起的，而模糊度则由模糊集的测度来定义的。1965 年美国控制论学家查德（L·A·Zadeh）提出了模糊集的概念，开拓了模糊数学这一重要研究领域。1968 年他在一篇名为《通信：模糊算法》中提出模糊数学可以用于信息处理。他说："所要介绍的概念在性质上虽然是模糊的，而不是精确的，但最终证明它在很多问题，例如信息处理、控制、系统辨别、人工智能、或更一般地说，在包含不完全或不肯定的数据决策过程中都是有用的。"以后不少学者对模糊信息继续进行了研究。1972 年德路卡（A·Deluca）等发表了《在模糊集合论基础上的非概率熵的定义》，1974 年又发表了《模糊 L—集合熵》，提出了关于模糊熵的定义方法。1979 年艾什克瓦（Ishikawa）和米诺（Mieno）也定义了"模糊熵"，它不仅包含经典熵的概念，据说也包含人的独断性和情感的判断。①

关于信息科学所研究的内容和范围问题，目前尚无定论，大体有以下三种见解：②

（1）以信息论为基础，把控制论、系统工程、计算机咨询系统、仿生学、人工智能等都包括在内，形成一门综合学科。

（2）冲破申农理论的信息概念，把已建立的规律与理论应用于物理学、化学、生物学、心理学、管理科学……等等中去、相互渗透贯通，逐步建立一门新的科学。

---

① 蔡长年：《信息论专业学会第三届年会开幕讲话》，《信息论与沃尔什函数》，中国电子学会信息论专业学会编，1980 年，第 5—6 页。

② 蔡长年：《信息论专业学会第三届年会开幕讲话》，《信息论与沃尔什函数》，中国电子学会信息论专业学会编，1980 年，第 9 页。

(3) 必须研究信息的产生以及人类如何有效地利用信息，从而提出信息科学是研究信息的产生、获取、变换、传输、存储、处理、显示、识别和利用的科学。

由上述简要的历史回顾，可以看出，三十年来由申农信息论到信息科学的进展，不能不涉及到一系列的有关方法论问题。这首先是因为其研究的对象有所变化和扩展。

必须指出，由信息论到信息科学的研究对象的扩展，并不是信息的客观内容、即现实世界本身所具有的不定度的变化，而是指随着科学技术与社会的发展，使信息的内容日益更多地纳入到我们的研究范围之内。这有点类似于随着生产力的发展使愈来愈多的自然资源转化为我们的劳动对象一样。我们要作这样的区分，不仅在哲学上是必要的，而且在信息论上也是有根据的。在一般文献中，往往用负熵来描述信息或信息量，这在一定意义上是成立的。但要注意两点：第一，正象苏联的茹科夫（Н·И·Жуков）所指出的，在使用上应将信息与信息量这两个概念加以区别，① 前者在意义上是广泛的，而后者则应该严格限制在信息论中作为一种定量的概念。因此严格说，负熵是表示信息量的增加。在这后一种意义上，我们又应该进一步看到，在信息科学的理论研究中，在严格意义上是将熵函数 H(x) 与信息量 I(x) 这两个概念既相联系又相区别的。就其联系来说，它们在更一般的意义上均作为不定度的度量。而就其区别来说，则必须注意到，前者描述的是信源的不定度，而后者则是描述信宿在收到信息后所获得的信息量，即解除不定度量。前者只与信源的信息是否发生的不定度（即自信息量）有关，而后者则不仅与信源的自信息量及传递过程中的干扰有

---

① Н·И.茹科夫：《控制论的哲学原理》，上海译文出版社，1981 年，第 123 页。

关，而且与相应的主观因素有关。这样，我们就能进一步理解，为什么任何信息一般都具有统计信息、语义信息和有效信息三个方面。

至于说，为什么信息科学的研究对象会由统计信息进入到语义信息、有效信息等等的研究？如上所述，这确实是由现代科学技术与社会的发展所决定的。具体说来，是与大系统、复杂系统的研究分不开的。例如申农当时所研究过的双向通信信道，不过是由两个反向的经典模型构成的，毕竟比较简单。而现在则要对多路信道、多用户网络、多个通信终端、相互干扰信道等加以研究，这就复杂得多。这显然是已不限于工程技术系统、而且涉及到生物系统、生态系统、社会系统和智能系统等复杂大系统中关于信息加工的研究相适应的。这样仅仅研究信息的统计特性就远远不够了，而不能不涉及到信息的产生、信息的语义和效用等等问题。由此可见，信息科学的提出，是与大系统理论、系统工程的发展和系统科学的产生分不开的。在这个意义上，信息科学是随着系统科学的产生和发展而一道出现的，它们所涉及和研究的现实对象是一致的，在实质上都是以大系统和复杂系统作为研究对象，不过角度有所不同。在这方面，它们共同反映了现代科学发展的整体化趋势，意味着人类认识史和科学史已经进入到一个新的时代，① 即在一个更高的水平上重新对整体性的对象加以研究。这类对象一般不仅规模巨大、联系复杂，而且具有突出的不确定性特点，因而研究起来特别困难，方法论的问题也就特别突出。由此可见，正是研究对象的变化和进展，为方法论的研究提供了很多新的课题。

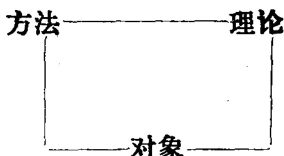
---

① 王雨田：《系统科学与“系统时代”》，《数学与研究》，1980年，第6期。

(二)

如果说，现代科学技术与社会生活的发展决定了信息科学研究对象扩展的必然性，那么，新的科学方法的出现则使这扩展具有可能性。

在研究对象、科学理论和科学方法之间存在着密切的关东德的克劳斯曾经从控制论的角度讨论了三者的关系，并作图示如下：①



从这三者的关系中，我们不仅要看到，由于研究对象不同，就会出现不同的理论，而不同的理论就派生出各自的方法；而且更要看到，就开创性的工作来说，针对新的研究对象，有时就必须提出开创性的新方法来进行探索。就前者说，理论先于方法。就后者说，方法先于理论。显示出科学方法的相对独立性和促进科学理论发展的重大作用。就信息论和信息科学的提出与进展来说，属于后一种情况。

申农信息论的建立，它所要处理的对象是在科学技术史上从未系统加以研究过的信息，因此必须形成具有一般性质的信息概念。而这个概念是与质量、能量相并列为三个最基本的科学概念。在信息概念的形成过程中，实际上是运用了科学抽象与类比的方法，将消息、信号、情报等等分散在不同领域中的

① G·克劳斯：《从哲学看控制论》，中国社会科学出版社，1981 年，第 162 页。

具体科学概念加以比较。舍去个性，在相似性的基础上抽出共性，从而抽象概括出一般的科学概念——信息。信息是科学抽象的产物。由于它具有一般的性质，所以才能通过类比而由通信领域扩展到其它的领域，使之具有普遍性。同时，也才使对之进行形式化与数量化的处理成为可能。

但是，要对信息进行定量的处理，遇到了很大的困难。最主要的就是这类对象具有突出的不确定性。对于这一特点，如果把信息论与控制论联系起来看，那就更加清楚。为了解决这个难题，最关键的一步，就是申农从数学与物理中借用了统计方法，建立了经典性的信息统计模型。这在方法论上是一项具有开创性的突破，导致信息论的产生。控制系统与通信系统中的不确定性是十分突出而复杂的。为了要对之进行形式化与数量化的处理，申农在方法论上从事了两方面的化简。一方面是他把信息的语义和实效方面加以忽略，而只考虑客观的不定度。这对申农本人和韦弗尔（W·Weaver）来说是很清楚这一点的。另一方面，也可以说，是进一步把这种客观而复杂的不定度再简化为随机性。只有作了这两步化简以后，申农才有可能从方法论上找到合适的数学工具。把当时数学中已成熟并被用于物理学中的统计数学方法借用或移植过来，才解决了这个难题。

由此可见，针对具有不确定性特点的信息这一对象，申农不仅在方法论中运用了早已惯用的科学抽象、类比、模型等方法，而且更关键的是从数学与物理学中借用了随机性的统计方法。如果说原有的那些方法为信息论的建立提供了必要的条件，那么，统计方法的借用则具有充分条件的特点。没有后者，申农信息论的建立是根本不可能的。

显然，申农的统计信息模型较之其原型来说是大大加以简

化了的，其局限性是不言而喻的。为了把概念弄清楚，我们必须注意，对于统计信息、语义信息和有效信息这种分法，并不是说，在客观上存在着一种统计信息，而只能说在客观的不定度中，具有着或部分具有着随机的性质，因而可以用统计的数学方法加以处理，所谓信息的统计模型不过是指对客观信息的随机性质的一种数学处理。至于语义信息和有效信息则是指客观的不定度与信宿相联系时必然表现出来的某些性质，具有相对性。可见这两种情况是不同的。严格说来，与其说统计信息、语义信息和有效信息并列为信息的三个方面，还不如说统计信息是申农关于信息的统计模型，这样是比较确切的。从方法论上加以分析，弄清这些概念的区别是必要的，也有助于了解其局限性。

把上述的一些概念弄清楚以后，也有助于了解信息科学中所出现的一些新概念及其相互间的关系。我们不妨再简要地回顾一下这些新概念出现的先后。语义信息是由卡尔纳普（Carnap）在 1964 年提出的。1968—1971 年期间，提出并逐步明确了有效信息的概念，不仅要考虑信息的定量方面，而且要考虑信息的定性与质的方面。1972 年德路卡与特米里（Termini）继查德的奠基性工作之后明确给出了非概率的模糊熵，① 开创了模糊熵与模糊信息的研究，这是与申农的信息量度不同的一种信息量度。1974 年，哥廷格尔（H·W·Gottinger）也研究了非概率的主观信息，到 1977 年则有了相对信息的概念。仅由上述这些远不完备的年表来看，在短短的十几年中，除了原有的语义信息和有效信息以外，还出现了一系列如模糊信息、

① Deluca and Termini: 《A Definition of a Non—probabilistic Entropy in the Setting of Fuzzy Sets》，《Information and Control》，I, 20（1972）.

主观信息、相对信息等等新的概念。那么，这些概念之间的关系怎样？它们之间的种属关系、分类关系怎样？这是有关信息科学的理论研究所要弄清楚的问题，也是方法论上要加以分析的问题。尤其是，如詹马利认为模糊信息与申农的统计信息均可作为相对信息的特例，而相对信息可以作为一种独立的方法，等等。这就更有必要把它们之间的关系弄清楚。事实上，经过上述的讨论之后，我们可以明确指出：所谓模糊信息无非是一种新的、不同于申农的统计信息的模型。它所描述的对象是客观的（与申农的统计信息相一致）与主观的（与申农的统计信息不一致）不定度中的模糊性质。这种在查德意义下的模糊性与申农所用的统计性都是现实世界中不确定性的不同表现方式。前者是以查德提出的可能性作为依据的，而后者则是以随机性为依据的。众所周知，查德的模糊性与随机性在质上是有不同的。因此对之加以处理的方法与数学工具也就不同，前者是模糊集与模糊数学及其方法，后者则是正常集与统计数学及其方法。这样，模糊信息既是与信息的统计模型并列的一种新的模型，即信息的模糊模型。它们是处于不同一层次的不同方法。同时，由于语义信息与有效信息往往具有模糊性的特点，所以模糊信息的方法也可推广到语义信息与有效信息的研究。由于信息在相互联系中具有相对性，而相对性也往往有模糊性的表现，因此可以在这个意义上来理解模糊信息可以作为相对信息的特例，但不能把模糊信息归结为相对信息，因为模糊性是客观的与主观的信息本身所具有的，而相对性却并不如此，它是信息在相互联系中表现的性质，这二者是不同的。也正因此，只能在不考虑相对性时，才能把申农的统计信息作为相对信息的特例，而不能反过来把信息本身、信息的不定度看作是相对的。由此可见，詹马利把相对信息抬得过高，是不恰当的。

要研究信息在联系中的相对性，把这作为一种看法是可取的，但毕竟是另一层次上的方法，而与就现实不定度的随机性和模糊性本身所提出的统计方法与模糊方法在方法论的层次上是不一样的。经过这样的分析，我们可以明确指出：统计信息与模糊信息是处于同一层次的两种不同的信息模型。当把信息的研究推广到语义与效用的领域时，统计方法要受到很大的局限，因此需要以模糊方法作为补充，同时还必须研究信息在相互联系中所表现的相对性与主观性，因而也要对信息与主观信息等加以研究。这样，我们就不难理解，在信息科学中，为什么还要新提出模糊信息、主观信息与相对信息这样一些新课题，也要弄清其间的关系。

这些新概念的提出，事实上也是研究对象的进一步扩展。我们有必要进一步来讨论为此而提出的一系列方法问题。在这方面，大致有以下几种情况：

一种是在原有的数学工具与统计方法的基础上，在已有的有关参量外，根据新的对象特点引入新的参量。这是在推广已有理论所惯用的方法，在此也不例外。例如，在“量—质”统一量度信息中，除申农统计模型中的随机事件集及在其上定义的概率分布 P 以外，还引入了描述实效性的“有效分布” U 这一新的重要参量。在相对信息中，则把信息、信源与使用信息的观察者这三者作为一个整体性的对象来处理，用数学语言来说是作为一个三元组的，由此出发才导出与观察者有关的四个变量以及相对于另一观察者的相对信息。这种方法虽是常用的，但要受到一定的条件限制，对于越出其理论范围以外的新课题，是不能任意推广的，需要探求新的方法。

第二种情况就是突破了原有的统计方法，采用了非概率的方法。其中值得注意的就是在 1965 年由查德开创的模糊数学

方法。有了这种方法，才能处理信息本身所具有的、以及信息在其联系中所具有的一类模糊性。由于查德的模糊集的概念与模糊数学方法能够将某些对象的质转化为量的处理，因而也为信息的某些质的和定性的研究提供了一种新的数学工具与方法。一方面，这当然是在方法论上的一项重大突破，使得在从信息论到信息科学的进展中，由统计方法进入到统计方法与非统计方法（包括模糊数学方法）的阶段。另一方面，又必须看到，不确定性的研究是十分复杂的，随机性与模糊性（指建立在查德的可能性概念基础上的特定的模糊性。查德是于1978年在其《模糊集合——可能性理论基础》一文中提出可能性这一概念，它是作为概率测度的一种推广而用来解释其模糊性的）。都不过是不确定的某些情况，因此可以断言，为了从广度上与深度上进一步研究不确定性，还必然会出现一系列新的数学工具与方法。这是因为要看到在现代科学技术中，不确定性的研究在方法论上具有特别突出的意义。如果说，吉布斯等人首先在物理学中考虑随机性这一类特定的不确定性的话，那么，维纳与申农则把这一方法推广于控制与信息的领域。统计方法无疑起了重大的推动作用，但是到了60～70年代，日益显示出这种方法的局限性，在控制论、信息论、人工智能等新兴学科都陆续出现很多新的方法，如控制论中的状态空间法等等，人工智能中用到的统计方法也是很有限的，即使现代出现的模糊数学方法，也是有严格限制的。由此也不得不看到方法论的开创性研究工作是很重要的。

第三种情况是类比方法的移植问题。除了如上所述的，信息概念的提出和申农信息论的建立，离不开类比方法，而且可以说，在科学史上更有意义的是申农独立推导出来的信息量公式仅与热力学第二定律的熵公式有一个负号之差。在这两个当

时看来完全不同的领域中独立作出的推导在形式上竟能如此相似，确实令人惊奇。这是一种偶然的巧合，是一种毕达奇拉斯式的数的合谐，还是包含某种深刻的含义？这在当时是很不清楚的。其后，经过著名物理学家布里渊（L·Brillouin）等人的工作，把信息论与理论物理沟通起来，进一步明确了不定性与不定度的普遍意义。再后，经过普里戈津（I.Prigogine）、哈肯（Hakan）、爱根（Eigan）等人的工作，提出了耗散结构、协同学等新的成果，不仅对普遍系统作出了一定的量的处理，而且把理论物理学与理论生物学沟通起来，带来一系列重大的哲学与方法论问题。这在方法论上不仅也反映了整体化的趋势，而且深刻地揭示了统一性与相似性的内在联系。类比方法与方法的移植，其客观的根据正在于这种统一性与相似性。这一科学事实及其进展一方面把信息论、物理学、生物学、普通系统论等等联系起来了，而另一方面也使我们深刻地理解到，为什么能把本来在物理学领域运用的统计方法移植于信息论的研究。

当前，在信息科学的研究中，至少又提供了一个值得探讨的问题，这就是詹马利将爱因斯坦的相对性原理和罗伦兹变换这种数学工具和方法移植于相对信息的问题。可以设想，由于信息的相对性与主观性的复杂特点，将与相对信息的不确定性一样，已经出现了并将出现更多的不同模型。由于信息无疑与时间、空间相关，在原则上应与物理学相关并遵循有关的某些规律。在这方面，如侃特（Cantour）已经认为信息是物理状态的基本量，甚至认为可以用信息守恒的概念来统一相对论和量子力学中的一些观点。① 尽管如此，在涉及具体的问题时是必须十分慎重的。在詹马利的假设中，将外熵 $H_0(S|R)$ 对

① Cantour:《Information Machanics》，1977.

等于运动学中的“时间”，将自由熵 H_i（S|R）对等于“距离”，而两个观察者 R 与 R′ 之间有如下的关系，即：

$$U=\frac{dH_i(R|R')}{dH_0(R|R')}$$

其中 U 就对等于“相对速度”。这样一类类比的客观根据是什么？进一步，更值得考虑的是在观察者之间为什么能推广运用爱因斯坦的相对性原理和罗伦兹变换？这种方法移植的客观根据又是什么？即使就常识而言，相对性原理和罗伦兹变换是要受到严格条件限制的，至少在宏观与微观、宇观之间是不同的。对于宏观世界的相对信息，其时空属性为什么能适用于宇观与高速下的相对性规律？这是必须具有客观根据的，否则是不能不令人怀疑到，这是不是一种外推？在此，我们有必要强调指出，这是一个值得科学工作者和哲学工作者、方法论工作者共同深入探讨的新课题。詹马利的相对信息提出以后，就现在所知，并没有很大反响。作为一种新的科学理论与方法，必须等待实践的检验，同时也需要理论上与方法上的探讨。如果这一成果不是一种大胆的假设或无根据的外推，那么，就很可能具有十分深远的意义，无论在科学技术上或在哲学上都是如此。因为，如果通过相对性原理把物理世界再一次与信息世界沟通起来，那意义是不可低估的。至少它也将是作为相对信息中的一种模型。在后一个意义上，我们也应进一步区别开相对信息与相对论信息，后者不过是前者的一种模型。詹马利提出的，应称为相对论信息，而不宜笼统称为相对信息。

无论是关于信息量公式的研究还是相对论信息问题，都从信息论与信息科学的角度，说明了类比方法和方法的移植问题对于促进现代科学技术的发展起了十分重大的作用。从早先就

使用了的模型方法、模拟方法到现代的功能模拟方法，都是建立在类比方法的基础之上的。在有些情况下，这些方法推进着科学技术的迅速发展和重大突破，而在另一些情况下，却会出现不合适的甚至错误的外推。为了对之加以判别，除了有赖于科学技术本身的发展和实践的检验以外，还赋于方法论本身以新的研究课题。不仅要对类比方法与方法的移植的客观依据加以探讨，而且要探讨类比和方法移植的界限和条件，从中找出一般的规律和判定的法则。例如，在逻辑学中对类比推理的研究就是如此。这样，我们就在讨论信息科学方法论的同时，也从这一角度论证了方法论本身作为一门学科的必要性与迫切性。从信息论到信息科学的进展，上述所粗略讨论的有关方法论问题及其所起的重大作用，就充分说明了这一点。

信息科学的基本问题

钟 义 信

提　　要

本文阐述了信息科学的定义、结构和范畴，分析了信息科学内部信息论、控制论和系统论之间以及在更高的层次上信息科学、材料科学和能量科学之间的相互关系。作为信息科学的理论基础，本文还探讨了信息的基本概念以及信息的数值度量方法，介绍了作者在这方面的研究结果。最后，顺便提及信息科学给出的一点有益的启示——自然科学进化的类人律。

一、什么是信息科学

虽然，“信息科学”一词的出现可以追溯到很久以前，不过，在我国，比较正式地使用“信息科学”这一提法，并把它作为一门“正式的学科”来看待，却还是最近几年的事情。作为这种转变的最重要的标志，恐怕要算是1977年全国科学技术规划会议筹备会议期间的一次争论。那次争论的焦点集中在“什么是信息科学，是否有必要把它纳入全国科学技术的发展规划”。记得，那时的认识水平是相当低的。有人甚至把信息科学说成“不过是邮政所送信的玩艺儿”。从那以后，不少人在各种刊物上、报纸上和会议上发表见解［注①—5］，宣传

和介绍信息科学，从而使越来越多的人了解了信息科学。五年以后的今天，信息科学已经成为一个很响亮的名字，一门很引人入胜的科学。在这片刚刚引起注意然而有待开垦的处女地上，已经聚集了一大批有见识、有作为、头脑敏捷、朝气蓬勃的工作者，呈现着一派欣欣向荣的景象，确定是很令人鼓舞的。

不过，同其它许多学科相比，信息科学毕竟还太年轻，还只是处在蓬勃发展的最初的阶段。一方面，由于它的方法的新颖性和普遍性，信息科学已经迅速地"侵入"许多部门，渗透到其它许多学科；而且，这种渗透还在不可阻挡地继续扩展着，几乎是无孔不入。另一方面，它本身的许多基本理论问题，却仍然没有彻底澄清，有待进一步深入探究。这种理论研究跟不上应用发展的状况，看来是一切具有强大生命力的新兴科学所共有的特征。为了促进信息科学更健康地发展，有必要对它的一些基本问题进行重新的探讨。为此，本文将就信息科学的定义、范畴和结构体系，谈点不成熟的初步认识。

信息科学是一门新兴的、综合性的边缘科学。和已往一切传统学科不同，它把信息作为自己的基本研究对象。这是它有别于一切传统学科的根本特征。

信息科学的定义虽然还没有统一的标准的陈述，但是，根

---

[1] 钟义信，"信息科学与信息论"，《国外电子技术》，1978 年，第 2 期

[2] 冯秉铨，"介绍信息科学"，光明日报，1978 年

[3] 钟义信，"信息科学"，《自然杂志》，1979 年第 3 期

[4] 钟义信，"崭露头角的信息科学"，光明日报，1979.4.13

[5] 周炯槃，"关于信息科学"信息论专业学会第三次年会会议录，1980 年 6 月

据实际的发展状况和未来的趋势，我们可以把它概括为：

“认识和利用信息的科学”。

这一定义表明，信息科学大体上包含信息认识和信息利用这两个基本组成部分。认识是基础，利用是目的；认识是为了利用。

具体来说，信息科学的研究内容，主要包括以下五个基本方面：

1）探讨信息的本质；

2）建立信息的度量及描述方法；

3）研究信息处理的一般规律，包括信息的提取、存贮、变换、传递、检测和识别等等的原理和方法；

4）开发信息利用的途径和方法，包括利用经过处理的信息来实现各种控制和组织的途径和方法；

5）发展上述各种信息系统的最佳化构成理论和实现原则。

其中，关于信息本质和度量方法的研究，旨在从质和量两个方面来把握信息的实质，是所谓信息的认识问题。而关于信息的处理、利用和系统构成的研究，则着意于阐发信息的运动规律，解决如何利用信息来为人类服务的问题。

正如本文稍后将要指出的，信息是从现象过渡到知识的中介。人类从外界现象中首先获得的是信息。在对信息进行加工的基础上，才能形成知识。因此，在一定意义上就可以说，人类认识世界的过程，就是不断地从外界获得信息并对之进行加工的过程；而人类改造世界的过程，则是根据所加工的信息对外部世界的特定对象进行控制或组织的过程。这样，信息科学所研究的内容，既包含了人类认识世界的过程，也包含了至少是在很大的程度上涉及了人类改造世界的过程。这就是为什么信息科学的研究会对于人类社会产生如此巨大冲击的原因。由

此也可以了解所谓“信息革命”、“信息化时代”以及“信息化社会”的一般含义。

从上述信息科学的定义和研究内容来看，信息本质的研究已经不单是自然科学的问题，而且进入了哲学的研究范畴。比如，信息究竟是精神的，还是物质的等等。关于信息的度量、提取、存贮、变换、传递、检测和识别等规律和方法的研究，传统上属于信息论的研究范畴。而关于信息利用、特别是关于利用经过处理的信息来实现各种控制和组织的途径和方法的研究，则是控制论、仿生学和人工智能的研究范畴。为了方便，我们把仿生学和人工智能也笼统地归入控制论的范畴。最后，关于各种信息系统的最佳化实现方法的研究，属于信息科学的系统论的研究范畴。这样，大体上说来，在自然科学的范围内，信息科学主要包含了信息论、控制论（包括仿生学和人工智能）和系统论这样一些基本的分支学科。

可见，信息论、控制论和系统论是信息科学的三大支柱。信息论研究信息的度量和处理的规律，是整个信息科学的理论基础。控制论研究信息的利用，是信息科学为人类改造世界服务的主要体现。系统论则研究信息系统的最佳化，为有效而可靠地利用信息提供理论和方法。三者互相联系而又互相区别，互相依存而又互相促进，是信息科学结构体系中不可分割的三位一体。

在有关上述各学科之间的关系方面，目前在我国学术界存在一些不同的认识。有的试图用信息论来包含控制论和系统论，有的则以控制论来包含信息论和系统论。当然，也有人试图用系统论来包含信息论和控制论。总之，不管从哪里出发，总是试图以“一论”来代替“三论”。但是，从上面的分析可以看出，信息论、控制论和系统论都是在信息科学范畴之内的同级

学科，它们是相辅相成而不是互相包含或者互相取代的关系。承认“三论”之间互相依存的关系，并把它们合理地归入信息科学，并不是什么创造，更不是强加于人，只不过是顺理成章地反映了客观存在的事实而已。

实际上，信息、能量和材料，是自然界和人类社会的三大基本资源。自然而然，信息科学、能量科学和材料科学就成为自然科学的三大支柱。正象信息论、控制论和系统论在信息科学范畴内形成“三位一体”的关系那样，信息科学、能量科学与材料科学在整个自然科学的范畴内也构成了一种和谐的、协调的“三位一体”的关系。不过，后者比前者处于一种更高的层次罢了。

于是，我们的逻辑是：若把自然科学理解为人类对自然资源的认识和利用（或人类从自然界争得自由的手段），则把自然科学分类为材料科学、能量科学和信息科学这样三个基本的组成部分是合理的。而按照其内部的结构体系，信息科学本身又可以划分出信息论、控制论和系统论这样三个基本的分支学科。当然，无论是信息科学、能量科学还是材料科学，都有它们各自一整套科学体系（包括基础科学、技术科学和应用技术）。这是普遍的、一般的而不是个别学科特有的结构体系。关于信息、能量和材料之间的相互关系，本文第二部分还有进一步的讨论。

二、信息的本质及度量

如上所述，信息科学的最基本问题之一，是信息的本质及度量方法。前者回答“什么是信息”，从质的方面来刻画信息；后者回答“怎样度量信息”，从量的方面来描述信息。这

两个方面互相联系，又互相区别。一般来说，信息的度量方法总是建立在对信息本质的认识的基础上：对信息的本质有什么样的认识，就会产生什么样的信息度量方法；对信息本质的认识越深刻，所建立的信息度量方法就越合理、越科学。因此，信息本质的研究，对信息科学的发展是至关重要的。这正象物质结构的研究之对于材料科学以及能量本质的研究之对于能量科学的重要性一样。

那么，究竟什么是信息？它的本质是什么？应当承认，对于这样一个基本的问题，目前还没有得到满意的回答。甚至，还没有公认一致的回答。

从现象学的意义来说，通信系统中所传递的消息，观察过程中获得的数据，各种各样的情报、资料、图表、新闻等等都包含着信息。事实上，一个电话，一封家信，一则广播，一条电讯，一部小说，一场电影，一台戏剧，一首歌曲，一次谈话，一堂讲课，一次测量，一次检验，一次诊断，一种询问，一项统计，一项表决，一份报告，一场比赛，甚至天气的寒暑冷暖，环境的沧桑变迁，人物的喜怒哀乐，国家的盛衰兴亡，生物的抑扬静动，机器的运转状态等等，都无一不包含有信息。可是，诸如此类的列举，并不能完全揭示信息的本质。要想抓住信息的本质，必须在经验的基础上经过抽象的科学的思维才能成功。

本文认为，信息具有如下一些基本的特征，它们可以从不同的侧面揭示出信息的本质。这些特征包含：

1） 信息来源于物质，来源于物质的运动。没有事物的运动，就没有信息。

2） 但是，信息又不同于物质本身。信息可以脱离开产生它的物质而被传递和变换。

3） 传递信息需要能量，控制能量需要信息，信息和能量难解难分。但是，信息又在本质上不同于能量。

4） 信息具有知识的秉性，得到信息就意味着得到了某种知识，更确切地说是得到了某种粗知识或元知识，或知识的毛坯。

5） 信息并不神秘，也不虚无漂渺。信息可以作用于人类和生物，可以被人类和生物的感官或人造的机器所感知、取得、处理和利用。

基于信息的这些特征，可以归纳出如下的关于信息的表征性定义：

信息是现象与知识的中介，是事物运动状态或存在方式的直接或间接的表述。

这一定义表明，信息既不等同于现象，又不等同于知识，而是介乎于现象与知识之间的中介。或者反过来说，现象和知识分别位于信息的两端。信息与现象的区别，在于信息具有知识的秉性。而信息与知识的不同，则在于作为知识毛坯的信息一般没有经过思维的、科学的、系统的加工。

定义还表明，信息源于物质，又不同于物质本身，也有别于能量。信息可以脱离它的源物质而被复制、传递、存贮和加工，可以被信息的观察者（即用户）——人、生物或人造的机器设备——所感知、测量、记录、识别、处理和利用。信息的这些特点，使它对于人类具有特别重要的意义。

最后，信息的定义还说明，作为粗知识，信息所表述的乃是事物运动的状态或存在的方式。按照辩证唯物论的解释，世上一切事物都处在不停的运动变化之中。这就意味着，世上一切事物，都在产生着相应的信息。运动是绝对的、普遍的、客观的，因此，信息的存在也是绝对的、普遍的、客观的。但是，

另一方面，作为粗知识的信息，总是具有特定的含义；而它对信息观察者所提供的“知识”的数量和价值的大小，又必然与观察者本身的知识背景和立场有关。这又是信息的相对性、特殊性和主观性。可见，信息具有二重性：一方面是它的绝对性、普遍性和客观性，另一方面是它的相对性、特殊性和主观性。

有了这样的认识，就不难明白为什么作为研究信息的认识和利用的信息科学具有如此重大的意义和具有如此强大的生命力。如果说，材料科学为人类提供了必要的物质基础，能量科学提供了强大的动力资源，那么，信息科学向人类贡献的，则是无穷无尽的知识和智慧。

按照达尔文进化论的学说，一切生物（包括人类）都服从“自然选择”法则的制约。这就是说，外部环境总在不断地发生变化。任何生物要能够生存下来并得到发展而不致于被淘汰，就至少必须能够适应外部环境的变化。十分明显，要想能够适应环境的变化（更不要说控制或改造环境了）首先就必须能够感知环境的变化。在此基础上，才有可能采取正确的措施来调整自身的状态或者改造环境的影响。而感知环境的变化，不是别的，正是从变化的环境中接受信息。没有接受信息和处理利用信息的能力，就谈不上对环境的适应，就必然被大自然所淘汰。“适者生存”，只有那些具有足够的信息接受、处理和利用能力的生物，才能得到生存和发展。而且，信息利用的能力越强，发展的水平就越高。这是几百万年以来生物进化发展的严峻事实。

这些，就是本文对信息本质的初步认识。当然，关于信息究竟是精神的还是物质的，在科学界和哲学界都还存在激烈的争论。其中最有代表性的，还是苏联的 A·别尔格和美国的

N·维纳的观点。别尔格通过他的著名的“信息场”的论述，坚持认为信息是物质的。[①]而维纳则在《控制论》一书中明确宣称[②]：信息就是信息，不是物质，也不是能量。除此之外，东欧某些学者还提出了更“新”的观点，认为信息既不是物质，也不是精神，而是独立于物质和精神的第三范畴。关于这个争论，本文前面的分析实际上已表明了作者的观点。在此，便不再赘述。

根据本文所给出的关于信息的表征性的定义，还可以导出两种本质相同而形式各异的信息定义的陈述，姑且称为引伸性定义。

其一，既然信息具有知识的秉性，我们就可以把信息定义为“能够用来消除观察者在知识上的不定性的东西”。

其二，正象能量被定义为“事物做功的能力”一样，信息也可以类似地被定义为“提供知识的本领”。

这两个引伸的定义，对于信息度量方法的研究提供了直接的启示。

作为信息度量或描述的第一步，我们来考察一下信息的分类。

由表征性定义可知，信息这种粗知识，是对事物运动状态或存在方式的直接或间接的表述。与符号学的方法相类似，我们把表述事物运动状态（或存在方式）之间的结构、关系的信息称为语法信息（Syntactic Information），而把表述这些状态（或方式）结构的含义的信息称为语义信息（Semantic Information），以及把表述这些状态（方式）结构的价值的

---

① A·别尔格，“控制论的方法论观点”，《共产党人》，1971年第8期

② N·维纳，控制论，1948年

信息称为语用信息，即Pragmatic Information。语法信息是最基本的信息层次，只与状态的结构方式有关。语义信息是比语法信息更高的层次，它不仅与状态结构方式有关，而且与状态结构方式的含义有关。而语用信息，则是最高的层次，它不仅与状态结构方式和含义有关，还与状态结构方式对用户的价值有关。从这里可以了解，对语法信息的度量方法的研究是最基本的。实际上，直到目前，主要的研究工作仍然集中在这一层次上。对于语义和语用信息度量的研究，还只是个开端。

关于语法信息，它本身又可以分为随机的（或概率的）、半随机的（或偶发的）和非随机的（或模糊的）三类。所谓概率信息，是指其状态结构的方式是服从统计规律的。具体说就是某一状态的出现或不出现是可以用概率论来描述的。所谓偶发信息，是指其状态结构方式虽然也是随机的，但由于事件的不可重复性，又不能用概率论的统计规律来描述，因而可以看作是半随机的。而所谓模糊信息，是指其状态的构成方式不具有随机性，但它的各个状态之间的界线是模糊的。到目前为止，在信息度量方面，研究比较透彻的还是概率信息。

概率信息的度量问题，主要是由美国科学家 C·E·Shannon 解决的，虽然在他以前 Nyquist 和 Hartley 等人也曾做了一些有益的贡献。Shannon 度量概率信息的方法，是直接由前述的信息第一引伸定义出发的。既然信息是用来消除不定性的东西，那么，被消除掉的不定性的大小就可以用来表示所收到的信息量的多少。不过，Shannon 只考虑语法信息中的概率信息的度量，所以，语义信息、语用信息统统都被排除了。即使在语法信息层次，偶发信息和模糊信息也不在考虑之列。Shannon 引入这些严格限制，与他的信息模型的背景有关。

正如他的论文的题目——通信的数学理论① ——所表明的，Shannon 所要度量的信息是通信系统所传输的消息。在这种场合，语义和语用信息是可以忽略的。而且，这类信息是严格的随机结构，可以用概率论来充分描述。

1948 年，Shannon 证明，如果一个随机事件 X 具有 N 种可能的状态 x_1，…，x_N，其中任一状态的出现与否与其它任何状态无关，且它们的出现概率分别为 p_1，…，p_N，那么，这个随机事件所具有的平均不定性为

$$H(X) = -\sum_{i=1}^{N} P_i \log P_i \qquad \text{(单位)}$$

这就是著名的概率信息理论的熵公式。它是对于离散无记忆信息源的平均不定性的度量。假定观察者在观察到随机事件 X 之前，他对于 X 所具有的不定性为 H(X) 单位，而通过观察 X，他原来具有的关于 X 的不定性被全部消除了，那么，他通过观察所得到的关于 X 的状态结构方式的信息量就等于

$$I(X) = H(X) - 0 = H(X) \qquad \text{(单位)}$$

可见，他所得到的信息量 I(X) 就等于所消除掉的关于 X 的不定性，后者表现为观察前后的不定性数量的差值。这一度量公式，也可以用文字叙述来表达，即

> 观察者所得到的关于 X 的信息量等于他在观察之前所具有的关于 X 的不定性的大小减去他在观察之后所具有的关于 X 的不定性的大小。

在上式中，观察前具有的不定性为 H(X)，观察后所具有的不

① C·E·申农“通信的数学理论”，贝尔系统杂志，1948 年

定性为零，即不定性被全部消除了。因此，在数值上，I(X)就等于 H(X)。

如果观察者不能直接观察到 X，只能通过观察 Y 来了解X。而且，假定在观察 Y 之后，观察者关于 X 的不定性减少到 H(X|Y) 而不是零，那么，通过观察 Y 他所得到的关于 X 的信息量也可以按上述的公式得到：

$$I(X)=H(X)-H(X|Y) \qquad \text{(单位)}$$

这个信息量称为 Y 关于 X 相互信息量；H(X|Y) 称为在 Y已知的条件下 X 的条件熵。

这样，只要知道了随机事件的可能状态及其概率分布，或者更简练地说，只要知道了随机事件的概率空间，就一定可以求出它的不定性以及为了消除这个不定性所需要的信息量。

大量科学实践证明，Shannon 理论在概率信息场合是有效的，正确的，是对信息科学基础理论研究的重大贡献。但是，正如前面所说，Shannon 方法也有很大的局限性。不要说语义和语用信息的度量不能直接应用 Shannon 方法，就是在语法信息层次内，一旦超出概率信息的范围，也就失去了效力。

为了全面解决语法信息（包括概率信息、偶发信息和模糊信息）的度量问题，我们给出了另一个等效的信息定义。这就是前面提到的引伸定义之二：信息是事物提供知识的本领。由这个定义出发,我们导出了一个新的信息模型和度量的方法。①它的主要结果可以概述如下：

对于任一具有有限（N）个状态 x_1，…，x_N 的事件 X(它可以是随机的、偶发的或模糊的)，它的状态结构知识（用势函数 P(X) 来表示）包含两个方面的因素，即关于状态划分

① 钟义信，“广义信息理论”，英国伦敦大学内部论文，1981 年 9 月

的知识 $P_D(X)$ 和关于状态实现的知识 $P_R(X)$。这里，$P_D(X)$ 表示这 N 个状态的划分是否模糊以及模糊的程度；而 $P_R(X)$ 则表示这些状态的实现是否肯定以及肯定的程度。显然，

$$P(X)=P_D(X)+P_R(X)$$

我们把 $P(X)$，$P_D(X)$ 和 $P_R(X)$ 分别称为事件 X 的客观势，客观划分势和客观实现势。它们表征事件 X 提供知识的客观潜在能力。

考虑一个观察者 O，他在实际观察 X 之前可能具有某些关于 X 的先验知识 $P^*(X)$、$P^*_D(X)$ 和 $P^*_R(X)$，分别称为观察者 O 关于事件 X 的主观势、主观划分势和主观实现势。显然，

$$P^*(X)=P_D^*(X)+P_R^*(X)$$

按照引伸定义二，观察者 O 通过观察 X 实际所能得到的信息量应为 $P(X)$ 与$P^*(X)$ 之差，即

$$\begin{aligned}I(X)&=P(X)-P^*(X)\\&=[P_D(X)-P_D^*(X)]+[P_R(X)-P_R^*(X)]\end{aligned}$$

这是事件 X 向观察者 O 提供知识的实际能力。可以证明

$$\begin{aligned}I(X)=&\sum_{i=1}^{N}[c(x_i)\log c(x_i)-c^*(x_i)\log c^*(x_i)]\\&+\sum_{i=1}^{N}[m_i\log m_i+(1-m_i)\log(1-m_i)\\&-m_i^*\log m_i^*-(1-m_i^*)\log(1-m_i^*)]\end{aligned}$$

式中，$c_i(x)$ 是状态实现的肯定度，m_i 是状态 x_i 的模糊隶属度，$i=1, \cdots, N$；$c^*(x_i)$ 和 m_i^* 则分别是观察者关于

$c(x_i)$ 和 m_i 的主观先验估计。由上式可见，当 X 为非模糊事件时，由于 m_i 等于1或0，必然导致 $P_D(X)=0$；而当 X 为确知事件时，由于 $c(x_i)$ 等于1或0，从而导致 $P_R(X)=0$。当观察者关于 X 的先验知识（势）与 X 所具有的客观知识（势）相符合时，有 $I(X)=0$。这些都是与我们的直观概念是一致的。此外，按照这个公式，观察者从事件所得到的信息量可以为正，也可以为负。后者可以解释为观察者被观察的结果弄糊涂了。由公式不难看出，这里定义的 $I(X)$ 包含了 Shannon 的熵公式，并把后者作为一个特例。当 X 不是概率事件而为偶发事件时，只要知道各状态的实现肯定度，仍然可以用 $I(X)$ 来计算它的信息量。可见，这一公式可以用来计算概率事件的信息量，也可以用来计算偶发事件和模糊事件的信息量。因此，我们把这里的 $I(X)$ 称为广义语法信息函数。

广义语法信息函数相对于 Shannon 方法的优越性，不仅在于它能度量范围更广的事件的信息量，而且还在于它的信息量公式既考虑了事件的客观因素又计及了观察者的主观因素，因而是更全面更有用的度量方法。值得指出，我们曾把广义语法信息函数用来解决一类识模问题。结果表明，采用广义语法信息函数能比用 Shannon 熵公式更快地完成模式的识别，从而证明了广义语法信息函数的正确性与优越性。①

关于语义信息和语用信息的度量，虽然也开展了一些研究，也取得了某些进展，但是，总的说来还没有取得满意的结果。由于篇幅所限，这里就不涉及了。

---

① 钟义信，“广义信息函数与识模”，全国电子学会第三届年会会议录，1982年10月

三、一点有趣的启示

如果注意到下面两点事实，并把它们联系起来加以思索，或许会得到一些颇有意义的启示。这两点事实是：第一，在自然科学技术发展的历史上，材料和能量科学较早地得到了发展，而信息科学则只是到了最近才蓬勃兴起。第二，材料和能量科学的发展，使人类的行动器官（手脚）逐步从自然力的束缚下获得解放，而信息科学的兴起和发展则将使人类的感觉器官和思维器官的功能逐步得到延长和加强。注意到这两点事实，再思索一个自然科学的本质——它是人类从自然获得自由的武器，那么就不难发现：自然科学技术的发展，原来正是步着人类自身进化的后尘：从手脚分工到感官的发展，再到人脑功能的完善。我们把自然科学技术的发展与人类自身进化之间的这种相似性，定名为自然科学技术进化的类人律。值得指出，这种类人规律的存在决不是偶然的，它有着逻辑发展的内在的必然性。而且，这种规律的存在本身，已是科学发展史上的事实，决非主观意想的产物。

由于种种原因，这里不准备详细论述这一定律，仅仅指出，这一定律不仅可以用来描述和解释自然科学技术发展史上的种种现象，而且也可以用来预测未来科学技术前进的方向，使人们能够自觉地把握它的发展。

信息概念的分析

柳延延

在日常生活和现代科学中都非常广泛地使用着“信息”这一术语，尤其是现代许多不同的学科领域都把“信息”作为一个十分基本的概念进行研究。在哲学领域，甚至有人提出“不充分利用理论信息论的概念和原则，就不能在现代水平上研究认识论”①。信息能否成为继物质和能量之后的第三个现代科学的基本概念已成为科学界、哲学界人们普遍关注的问题。

西德信息系统研究所所长佩特利博士去年九月来我国讲学时曾经指出，今天人们对“信息”的理解所处的时代，好比牛顿之前人们对“力”的理解所处的时代一样。那时候，动能、位能、动量、冲量、转动惯量等等概念都统称之为“力”。到了牛顿才把这些概念科学地区分开来，并给予严密的数学形式的描述。目前对“信息”概念的理解大体有十五种以上的说法。佩特利博士认为随着物理学和计算机科学的发展，将有可能把信息研究推向前进。并有可能用数学工具对其进行明确的描述。

本文试图考察这样几个学科领域中信息概念的特点，它们把信息作为自己学科领域中最为基本的概念加以使用。对于哲学概括来说，就是要找出信息概念在这几个领域中“不变的”那部分内容，并进一步考虑，概念的外延是否还能扩展到更广泛的领域。

---

①.Ф.В. 拉萨列夫、M.K. 德利夫若娃：《认识结构和科学革命》，莫斯科，1978年，第89页。

一、通信理论中的信息

大家知道，信息的统计理论（申农的通信理论）是建立在一系列基本抽象之上：

1． 撇开消息的含义（语义）方面；

2． 撇开消息的真实性问题；

3． 撇开消息的实用方面（也就是消息对接收者的价值方面）；

4． 撇开作为信息接收者人的特点；

5． 撇开传送消息的物理形式。

这个理论是为了回答一定的技术问题（用数学的语言）而出现的。这些技术问题与电报和电话通信的课题有关。它有可能解决一系列问题：提高通讯渠道的通讯能力、它们的抗干扰度等。由于引入了精确的数学概念——信息量，有可能从量的方面来评价各种消息的共同本质——解除收信者的不定性。

我们说，正是凭借上述抽象，才揭示出信息的一个可以接受测量的客观方面，并给予数学加工。那种认为信息完全是主观东西的看法，现在揭示出了它的客观方面，那种似乎只能运用定性描述的事情成为量上可测的。

因而，申农理论是利用通讯技术完全具体的课题和事实作为出发点。对于这个理论来说，信息、信息过程是某种可以觉察得到的现实性（所传递的一组符号、电讯号）。这表明存在着某种现实的领域，这一领域是把信息运用到通信技术中去的实践本身客观地决定的，是完整信息链中的一个部分。

著名学者 A 莫利曾经指出“现代世界上产生了特殊的一类人，他们在思想的物质载体上进行着操作。这不仅有印刷企

业的工人、图书馆馆理员、通信员、电影放映师，而且还有通讯工程师……。这些工程师不知道信号本身的内容，对它们不感兴趣，他们的使命是解决波长‘失真’、线路阻塞和占线等有关问题。他们从事的只是信息量方面的研究”① 。我们可以把这类工作者称为“外部观察者”，摆脱消息的内部含义是他们进行有效活动的必要条件。由于这种劳动分工，出现在我们面前的是人类活动的这样一种形式：千百万人与自己实践中的信息打交道，而不知道或不必知道这些信息的含义。因此，对于“外部观察者”来说，信息不是作为一组逻辑上有联系的含义，而是作为物质构成物——记号、字母、电信号等的总和存在的。对于通讯理论中的信息，人们所指的是完全确定的、由通讯技术分离出来的实在现象。任何其它的含义都不包括在这个概念中。信息不是以它的内容和它对收信人的意义的观点，而是以“外部观察者”的观点进行考察的。

那末是否消息的“内部含义”问题就与上述现实领域完全无关了呢？不是的。通信的渠道中尽管可以使用不同的物质信号传递消息，但消息包含的内容应当保持不变。消息内部方面所提出的这个要求对于确定信息量的度量必要的前提。我们知道，消息中字母序列往往反映着某一现实过程或某一思想内容，这个消息的内部含义就对应着这一现实过程或思想内容。通信理论对消息进行统计评述时，虽然并不是对消息的内部含义进行测量，但这一含义却以某种形式决定着信源的统计属性。因此在撇开消息的内部含义的同时，还要顾及到它“不露形迹”出场这一事实。另一方面，一切消息的传递都伴随着有噪音出现，噪音问题以间接的方式重新使我们遇上消息的含义

---

① A 莫利：《信息论和审美知觉》，莫斯科， 1966 年。

方面，因为噪音会使消息的含义“失真”。这样，通信理论从明确区分出消息的内部和外部方面开始，以把这两个方面吸引到微妙的辩证统一中而告结束。

上面我们指出了在通信过程中消息的内部含义应当保持不变。但是如果撇开它的内部含义是处理信息通信的前提的话，这一要求又如何能够实现呢？我们知道思想的传递不外乎是传递它的物质外壳、它的物质载体。消息的观念方面（内容）和它的物质表达之间存在着固定的关系。如果思想的“外壳”沿通信渠道能被相符地传送，则传送思想本身的任务就能完成。这是否说，通信工作者的任务仅仅只是准确无误地传送消息的物质方面就行了呢？不是的，这个结论与现代通讯实践有着深刻的矛盾。在现代的通信系统中，同一个消息往往要借助于电的、光的、声的或其它本质的信号进行传递。这种改变物质载体的做法是通信实践本身提出的要求。因而，消息的传递一般地说不是建立在保持，而是建立在改变消息的物质载体的物质（实体上的）和能量特征的基础上。那么在对物质载体进行物理变换的过程中保留下来的不变的东西是什么呢？例如，在声带的振动、声波和电唱机声路之间有什么共同之处呢（须知，它们如果没有这个共同之处，怎能保证传送的是同一个消息呢）？这种共同之处既不是质量、也不是能量；既不是颜色，也不是什么其它的物理或化学属性。与“价值”这种属性相似，这种属性看不着，摸不到，然而却是完全客观的。这种属性就是“结构”。通信理论中对消息进行某种方式的编码就是为产生和原消息结构“同形”的某种结构。申农理论深入研究了这方面的问题，指出尽管不同的编码方式反映着同一个消息，但较好的编码方式是以在这种编码方式下，平均需要的二进符号较少的那种。

在通信理论中，由理想码（即所需的二进符号最少的码）建立的结构是结构变换（编码方式变换）中的不变量。这种不变量就是通信理论中抽象出的信息概念。自然科学中对信息概念的理解基本上还局限在这个范围内。

二、控制论中的信息

上面考察了通信理论从通讯的技术实践领域中抽象出的信息概念，这一现实领域并不包括信息链上的所有环节，在这个意义上，它是相当狭窄的。更加广泛的考察与控制论有关。

控制论将自己的视野扩大，增加了新的环节。把信息的接收端包括在信息研究的范围之中。换言之，控制论把自组织起来的系统作为研究的对象增添到信息链之中，所传送的消息就是发给这个系统的。在通信理论中不研究收到的信息对终端系统行为的影响，在这个意义上，它是被排斥于理论分析的范围之外的。在控制论中，终端系统要根据其调节和控制的内部目的，进一步加工（变换）这个信息。因此，随着从通讯实践的现实领域向控制实践的现实领域的转变，信息由简单的同构变换过渡到信息变换的更加复杂的形式。

显然，在控制论中对信息的考察没有撇开它的“实用”方面，这个方面是信息的“内部方面”之一，它对接收系统具有指令的性质，带有操作的含义。系统从一种状态过渡到它可能的另一种状态，就是根据这一指令行事的。信息的这一“内部方面”出现在系统对信息的加工之中，并以一定的“目的”“任务”的“观点”对外来信号上所携带的“结构”（或“不变量”）做出自己的解释、选择，从而以此调节自己在环境中的行为。

这里出现的新问题是：信息的“实用方面”涉及到终端系

统的“识别”。因此系统事先必须有一个对进入信号的“解释系统”。例如，对于终端是电子计算机系统，凡输进不是它“信号库”内存贮的指令、程序，它是不会动作的。这就是说，如果在通讯理论中信息是信号上所携带的某种不变量——结构，那么在控制论中，只有那些对系统具有指令意义的信号，那些能被终端系统“识别”，也就是那些包括在接收系统“信号库”中的信号的到来才具有信息意义。信息概念在这里表现为信号上所携带的能被接收系统所识别的不变量（结构）。

由于我们的考察比通讯理论中多加入一个环节——终端系统，这就对我们的研究对象信息加上了一个新的“约束”。著名控制论的创始人之一艾什比曾经指出：“约束这一概念表明两个集合之间的一种关系”，① 当我们把新的关系加进考察的视野之内，必定使研究对象的“自由度”减小。因此，信息概念在控制论中进一步精确化了。

三、认识论中的信息

对信息概念进行更加广泛地考察是在认识论的现实领域。这一领域把信息源这一客体作为信息链上的一个有意义的成分包括进来，使我们能面对一个完整的信息链条。尽管目前这种考察还是初步的描述性的，但却是解决信息问题的关键所在，应当引起我们的重视。

从客体（信息源）的属性、关系、性质等所有的多样性中区分出某些有限的结构（成为信息过程的起点）、探索从客体获取信息和对之进行编码的各种方法，这一切对作为信息通信的最终环节——信息接收机的人的活动，提出了完全新的和专

---

① W.R.艾什比：《控制论导论》，中文版，1965 年，126 页。

门的要求。这种活动已经不能仅仅归结为消极的接收、存贮和加工信息（象控制论机器那样），而必须既与客体本身，又与携带有关它的信息的信号进行能动地相互作用，并且要以使用一系列专门的操作（如比较、测量）为前提。因此，在这个层次上，我们遇到的不仅是信息的传递和变换，而且遇到了可以称之为认识的活动。

在认识活动的现实领域中出现了什么新的东西呢？这首先是作为信息源的客体。在前面所讨论的领域中，作为信息源的客体只是间接地“出场”，仅仅是作为原因，而不是作为认识的目的出现的。例如在通信理论中，一般地说感兴趣的不是源本身，而是它的传递。在认识论中，主体（信息的接收者、使用者）应当从具有结构等级的客体中区分出结构本身。主体的这种活动建立在对客体和结构进行识别的能力上，建立在传送这个客体结构特征的信号之性能上。不管是在控制论的，还是在认识论的现实领域中，信号对于终端系统都具有“内部意义”。但这个意义的性质是有变化的。如果说信号本身对控制论系统是有意义的，即有信号—指令意义，那么对于认识主体来说，信号的意义是由信息源的客体决定的。收到的信号除了对主体可以具有指令意义外，从满足主体要求的观点来看，还带有客观认识的特征。这种特征就构成了信息的语义方面。

主体在与客体能动地相互作用的过程中，从客体区分出某个方面的结构，形成信息链的开始环节，并经过自己头脑有目的地加工处理，形成信息链的最终环节——观念的形象。这一形象所以能与客体有某种“同一”，正是因为主体参予了从实物世界区分特定结构的活动。观念形象和现实性的联系问题是解释主体行为的关键。传统的认识论在考察“客体—主体”认识论关系时，往往把注意力集中到了主体的精神活动方面。属

于观念现象的诸如感觉、抽象、理性等是分析研究的对象，而对客体与主体相互作用的机制本身注意不够。马克思主义认识论承认思维和存在具有同一性，并且“同一”于存在，思维是存在的反映。思维和存在的“同一”是如何建立起来的呢？在现代理论信息论的基础上，有可能对这个问题给出自然科学的回答。

一般人们都承认，在认识中客体与主体相互作用的机制不能根据外部世界对人的感官能力的影响加以说明。例如，人怎么能够看见客体呢（即客体如何“进入”主体的）？这是光量子从周围的对象反射出来，落到眼睛的视网膜上，引起感觉。因此为了能够在主体中反映客体，必须从客体发出把信息从客体传送到主体的物质流。作用在感官上的不是客体本身，而是它发出的物质流。这样，在认识论中所观察的相互作用不是从“动力”的角度，而是从“信息”的角度去认识的。在对认识过程进行的分析中，应当将客体和主体之间传递信息的物质流——信息媒介作为一个重要成分包括进去。

信息媒介（即通信中所讲的信号）的作用可以向我们揭示客体和主体“认识论”相互作用的一些特点。这就是客体和主体之间的相互作用不能导致双方认识论地位的改变。如果由于客体的作用，主体失去自己的认识能力，或者由于主体的作用，客体丧失了自己特有的属性，那么这种相互作用就不是“认识论”的。这说明由于主体和客体的相互作用，发生在客体和发生在主体中的变化应当带有严格确定的特征。这种特征之能够实现是因为主体与客体之间存在着起中介作用的信息媒介。由于这一中间环节是客体的，它能够作用于主体，但这时它的作用与认识过程本身是一致的（感受器对外来信号的知觉过程），在这个过程中，作为“作用因”的客体本身的实际存

在被“消除”了。信息媒介实现着客体与主体特有的物质联系，同时又不以从客体向主体转移物质和能量为前提。这就保证了“客体—主体”的相互作用具有信息性质。根据这种观点，反映过程是“从认识客体向主体转移信息”的过程。物质信号要想成为某一客体和主体之间的信息媒介，必须满足：第一，它必须是主体感官所能接受的。例如人的视觉系统只对电磁幅射光谱的很少一部分发生反应；第二，它带给主体的信息应当与认识客体相符合，即“信号的有序性和源的有序性要建立一一对应的关系”。

在对认识领域中的信息进行考察时，仍然要注意到，主体要想通过感官从载有客体结构特征的信号中区分出构结的一个先决条件，即只有与主体可以从自己的“消息存贮”中进行选择时，进入他头脑中的外来信号才载有对他是有意义的信息。实际上，人作为信息接收端是高度复杂的控制论系统，他的“解释系统”（即“消息存贮”）反映出人对信息源的知识程度。我们知道，人总是以“已知”去认识“未知”的。人可以能动地作用信息源，可以创造一定的环境，使信息源在特定条件下表现出自己特定的性质。因此人对信息源的“解释系统”是在自己的实践活动中逐渐扩大着的。

我们还要指出，客体的多样性是无限的、不可穷尽的，主体对它的认识之所以可能是因为一旦主体和客体建立起认识论关系，就将无限变为有限，将无条件变为有条件了。这首先是因为主体总是要在一定的外部环境中去认识客体。“一定的外部环境”对客体加上了一个“约束”，这是一个外部约束，使客体的多样性大大减少。其次主体总是带有一定的认识目的去认识客体，而不是漫无边际地去认识。这种目的又受着一定的“知识背景”的限制，这又从主体的“内部”给客体的多样性

加上了一个“约束”。近代科学的发展还使主体可以通过设计一定的外部条件，将自己的“目的”物化为外部的约束来实现（如科学实验）。

信息概念在认识论这一现实领域中的进一步精确化就在于，它是对客观对象某一方面的属性、特征、关系、内容的反映。这类东西之能进入人的认识，是通过信息媒介与人的感官的相互作用。如果说在通信理论中传送消息的物质外壳被当作研究的对象，消息的“内部方面”被简单地排斥于理论考察之外，那么在控制论中，由于考察了接收端的作用（部分地），将信息的“实用方面”（内部方面之一）加了进来，指出了不是所有载在信号上的不变量都有信息，而是那些对系统具有“指令”意义的不变量才具有信息意义。进一步在认识论领域的考察中，信号上的那部分对作为接收者的人具有语义含义和实用含义的不变量才具有信息意义。另一方面，信号上的不变量是认识客体客观实在的特征，这就指明了它的来源。更重要的是，这种考察指出了信息在作为接收端是人的大脑中表现为观念的形态。

如果我们把“信息源—信息媒介—终端”看成一个完整的系统的话，它们信息的相互作用就呈现出一种“动态的结构”。所谓“动态”是指环境的变化，使客体的“多样性”之““现实品格”发生变化，他使主体的“认识目的”、“需要”发生变化。其次，主体的“知识背景”也在他的实践活动中变化着。信息是这个相互作用过程的结果。这一结果在终端系统中发挥着指挥、调节的作用。在这一过程之外谈论信息，只有一种情况是合理的，即这种信息由早先的某一信息过程产生出来的。例如以科学成品形式记录下来的知识信息等。相互作用产生的“动态结构”既与信源本身的结构、与信息媒介的作用有关，

又涉及到主体方面作出的贡献。探讨主体在这种相互作用中作出贡献的本质和机制、研究主体的这种贡献在建立主观认识和客观现实的“同一”中如何成功地分离出与现实“同一”的那部分“不变量”，以及在分离过程中谬误最可能从何渗进的种种问题，实在是现代认识论和理论信息论的重要课题。

四、一 点 想 法

对信息问题的考察还应当涉及到它的外延。信息概念是否能够进一步突破通信、控制和认识领域，这是信息研究的重要课题，也是信息论和物理学能否进一步结合的关键。限于篇幅，笔者在这里不得不加以割爱。只是我们认为有必要强调这么一个问题：人们常说控制论、信息论、系统论的出现，改变了人们传统的思维方式。究竟“三论”使人们的思维方式发生了一些什么变化呢？我们以为这种改变在于要求人们把研究问题的着眼点从单纯、孤立地考察一个物质系统转移到考察物质系统之间的相互联系上。对这种联系不能用分割的办法，而必须从整体上加以考察。既要注意研究“静态”的联系，又要注意研究“动态”的联系。并且要注意两个系统一旦建立起某种联系，虽然会使它们各自的“自由度”相对减少，又会产生一些新的性质或新的功能。尽管我们能分别从两个系统中追溯到这些新性质、新功能的渊源，但它们却是产生两于个系统的联系之中。例如主体一旦和客体建立起“认识论关系”，在主体头脑中就会产生关于客体的观念形象。单纯考察客体或单纯考察主体都找不到这个观念形象。只有在他和它的相互联系、相互作用中才存在这么个东西。当唯物主义宣布思维“同一”于存在时，强调的是这个观念形象在客体中的根据，但观念形象并不就是

客体本身，也不是客体的什么内在属性。另一方面，这一观念形象本身也并不等于主体具有能够产生观念形象的特有属性，这都是显而易见的。这就是维纳和艾什比一再强调的，想要在客体中间找到什么东西或什么性质是信息，那就是给自己出了一个永远解决不了的难题。

参 考 文 献

1 W.R.艾什比：《 控制论导论 》，中文版，1965 年。

2 C.克劳斯：《从哲学看控制论》，中 文版，1981 年。

3 申农：《通信的数学理论》，上海科 技 馆，1965 年。

4 T. И. ЩЕРБИЧКИЙ 《СИСТЕМЫЙ ХАРАКТЕР ИНФОМАИИЙ》1978 年。

5 Ф. В. ЛАЗАРЕВ М. К. ТРИФОНОВА 《СТРУКТУРА ПОЗНИЯ И НАУЧНАЯ РЕБОЛЮЧИЯ》, 1980.

一九八二年十月

信息·控制·决策

童 天 湘

信息是决策的基础，决策是获得信息、进行处理、作出决断的过程。信息是一种重要资源，决策需要信息，如同生产需要原料一样。

我国要实现现代化，必须使管理现代化。管理现代化的关键，在于决策的科学化。如果决策失误，必然影响现代化建设的速度。我们已经看到宝钢失策的后果，对决策的科学化更有迫切感。决策科学化的前提，就是要获得必要而有用的信息，包括可靠的资料、准确的数据、最新的情报等等。为了保证决策的科学化，还需要运用现代化的技术手段——电子计算机对所获得的信息进行处理，运用系统工程的方法建立数学模型，进行定量分析，以便选择优化方案，并作可行性研究，以及模拟试验，预测实施效果。方案付之实施，亦即决策信息的输出和进行控制的过程，需要把执行过程中所获得的信息反馈回来，以便对原先的决策进行必要的补充和修改。因此，决策及实施过程可以看作信息反馈控制过程，决策者便可看作控制器。它可以是集体，也可以是个人。

信息与控制是不可分的，任何信息的传递和处理，都是为了控制。决策者对信息进行处理、作出决断，也是为了控制。广义的控制，包括统治、指挥、组织和管理在内。从这个意义

上说，管理即控制，而管理重要职能就是决策。因此，不仅一个国家的领导人是决策者，而且从工厂的厂长到车间主任，从公司的经理到科室主任，都可以看作是决策者；不仅有关大政方针是决策，而且对日常问题的解决也是决策。制订一个城市规划是决策，选定一个科研课题也是决策。两者除了所确定决策的目的不同外，所依据的信息也是不同的。前者要搜集国内外有关城市规划的情报，本城市历史与现状的资料，以及地质、水文、矿产、能源等等有关数据，特别是人口增长和经济发展速度的预测。后者则要搜集有关专业的学术资料，包括过去的历史、现在的进展和未来的趋势等。可是，在“信息爆炸”的年代，信息量急剧增长，筛选必要有用的信息是人力难以胜任的。现在，世界上科技期刊达四万种，每年论文 400 万篇，而且每十年就要翻一番。仅化学专业刊物就有一万多种，没有一个化学家能读完这些刊物。这就需要利用电子计算机建立自动检索系统，它能在几十分钟内查阅一个专业的全年文献，摆脱科研工作的手工业方式，适应现代化的需要。

现代化生产和管理的一个重要特点，就是生产控制论化和管理控制论化相结合，使过程控制与信息管理二位一体，实现综合自动化，从而社会科学也可以转化为直接生产力。从信息决策的高度上看，并不追求全盘自动化，而在于“系统之最优”。就目前水平来说，一个信息管理系统，一般只能半自动化，许多环节需要人机协作，是一个人机系统。人机系统是主动系统，要充分考虑人的因素。如果从我国一穷二白人口多出发，更应该发挥劳动力之优势，可以发展一些投资较小，容纳劳动力较多的工业，如“劳动密集型”产品。然而，如果根据美国情报资料公司近三十年的统计，技术先进的工业行业比落后行业，劳动生产率提高快一倍，而提供就业的机会则为落

后行业的九倍。因此，需要从实际出发，利用电子计算机进行信息决策，并预测未来发展，使系统在整体上处于“最优状态”，才能获得宏观经济效果。但是，不论如何，有一点是肯定的，即生产和管理控制论化是必然的趋势，伴随而来的便是产业结构的改变。这是由于电子计算机的广泛应用，特别是计算技术和通讯技术相结合，使信息和知识成为提高生产力的重要因素，导致知识产业的兴起，出现社会的信息化。一旦计算技术发展为智力技术，成为提高生产力的关键，就会出现社会的控制论化。

正如信息论的基础一样，信息化也是控制论化的基础。所谓社会的控制论化，也就是控制论的概念（信息概念也是控制论的基本概念）、原理（反馈原理是控制论的基本原理）和方法（系统功能方法是控制论的基本方法），特别是控制论机器（智能机器是典型的控制论机器）在社会领域中的广泛应用。显然，控制论也可应用于决策科学，促进决策的定量化、科学化。

实际上，决策半是科学半是艺术，既有定量方面，更有定性方面；既需信息，更需智能。决策水平的高低，常常取决于决策者的才能（包括知识的利用、经验的积累和分析、判断的能力）。一般地说，所谓决策，就是寻找解决问题的办法，提出方案，作出决断。决策过程是动态过程，需要根据不断变化的情况有所改变，找出解决新问题的新办法，作出新的决策。特别是在竞争的情况下，即使情况相同，也要改变决策的方案，以便以智取胜。在这里，需要发挥人的主观能动性，因而决策又不能完全归结为信息处理。

从信息论观点看，可以把决策看作对信息的处理，这只是问题的一个方面。另一方面，从控制论观点看，决策过程不仅是信息反馈过程，而且是智能控制过程。因此，决策者不是一

般的控制器，而是智能控制器。决策的智能控制器，可以图示如下：

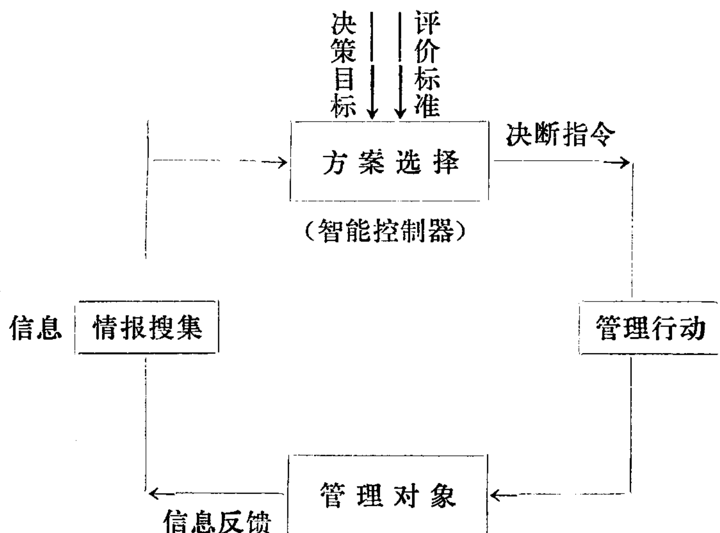


图 1

依据图1。我们对决策过程作一简要分析：

决策的第一步是获得信息，即情报搜集，把各种情报、资料、数据和问题集中起来，并听取有关专家的意见。这就需要发挥调研室、资料室、档案室、数据库、思想库（智囊团）的作用。但是，并非信息越多越好，因为在大量的信息中常常夹杂噪音，需要花费很多精力去筛选。所以，在获得信息的过程中包含有信息的过滤。

决策的第二步是方案选择，把获得的信息进行加工，根据已定的目标（上级规定的或自己确定的目标），经过仔细研究，拟订出几种可供选择的方案，并按评价标准选择一种可行

的方案付诸行动。这就需要发挥决策者（智能控制器）个人或集体的智慧和才能。但是，并非参与决策的人数愈多愈好，而应避免“议而不决”、“轮番划圈”的现象，才能提高决策的效率。在特定情况下，还要“当机立断”，以免坐失良机。

决策的第三步是下达决策指令，采取管理行动，控制管理对象。这种控制作用，取决于人脑思维或集体研究的决断，所以是一种智能控制。通过这种控制作用，实施决策方案，实现决策目标，达到决策目的。否则，“决而不行”，就丧失了管理能力。

同时，这种控制又是反馈控制，也是对决策是否正确的检验。因此，不仅要有得力的执行机构，还要有严格的检查机构，能反映决策的效果、问题、得失与成败，而且能影响决策者的再决策。有人认为，似乎有了检查机构、顾问团、咨询组，就一定能形成信息反馈，这是一种误解。假如这些检查、监督机构所反映的意见不能影响决策者，那也只能形同虚设。用控制论语言说，这就是检测器与控制器没有耦合，因而是开环控制，而不是闭环的反馈控制。如果决策者是官僚主义，下情不能上达，便是一种开环控制；要么是听喜不听忧，爱听你说亩产三千斤，更爱听他说亩产四千斤，则是一种正反馈而不是负反馈，因而使系统更加不稳定。这是历史的教训，已经成为过去。现在要求决策科学化，我们在这里讲的智能控制，当然也是一种信息负反馈控制，而且体现了“从群众中来、到群众中去”，“集中起来、坚持下去”这一重要原则。

人工智能创始者之一，1978 年度诺贝尔经济学获奖者、美国著名心理学家和管理决策理论家、卡内基—梅隆大学教授西蒙（H·A·Simon）把决策分为两类：第一类是程序化决策，系指经常出现的常规化活动，可供选择的方案是现成的，只需

从中选定一个行动方案就可以作出决断。企业日常遇到的决策问题是大量出现的，如何处理便有了经验，从而逐步形成可以反复应用的程序。运筹学在这方面起重要作用，它可以提供选择优化方案的数学方法。第二类是非程序化决策，系指不经常出现的或带有创造性的活动，如产品方向的改变，企业规模的扩大，开展多种经营等，很难依靠现成的程序作决断。特别是高级领导人员的决策，常常要依靠自己的经验和创造能力。但在实际问题中，有些决策是介乎上述两类之间，只是侧重的方面有所不同。

当领导者、指挥者和管理者作决策时，由于信息不多、资料不全，便难以通过定量分析解决问题。往往有各种不同的意见，就需要首先找出一个评价合理方案的共同标准，然后选择一个“令人满意”的合理方案，但并非最优方案。在社会主义经济管理方面，所要解决的问题比解决把人送到月球上去这类技术性问题要复杂得多，也困难得多。有关社会经济问题的决策涉及因素极多、极复杂，完全依赖数学方法与计算机找最优解是不现实的。

我们强调人的智能在决策中的决定作用，是不是否定机器智能的作用呢？当然不是。

决策的智能控制，也包括机器智能控制。由于人工智能的进展，机器的自动化开始进入智能化。我们既需要自动化信息决策系统，更需要智能化信息决策系统。只有人的智能化决策系统是不够的，还需要机器的智能化决策系统，实际是人—机智能化决策系统。决策者可以利用智能机器（配有智能软件的计算机便是一种智能机器）提出的几种可供选择的方案，最后选定一种行动方案。这便是人—机智能决策。

人工智能是关于智能的科学，是要建立一种关于智能的信

息处理的理论，而机器下棋又被称作人工智能的指示器。因为下棋也是一种决策过程。但是，不论是人还是机器，要想走“最好”的一步（选择最优方案）都是不可能的。例如，下国际象棋，要想穷尽一切可能选择的步骤以期必胜，就有 10120 个可能选择的步骤，即使用每秒运算一亿次的计算机来计算，也要用比地球的历史还要长得多的时间。正如英语的一句谚语所说：“最好”是“好”的敌人。完全走向了“必胜”的反面。一个象棋大师决不会采用这方法，他经过思考便走一着“好”棋。人工智能的启发式程序设计，就是从人的智能中得到的启发的（Houristic），把人解决问题的一些技巧、经验、策略、简化规则等编进程序中，从而使机器也具有智能。可见，人工智能无非是人的智能在机器中的再现。人工智能就是要使计算机能做那些通常需要人的智能才能做的事，具有一定的推理和学习功能，提高解决问题的能力，甚至提出战略分析。

美国工程师塞缪尔设计制造的会下西洋跳棋的机器，不仅战胜了设计者本人，而且打败了一个州的棋赛前冠军罗伯特·尼莱，它也不是依赖算法找最优解而取胜的。塞缪尔说：“在IBM704 计算机上使用的下跳棋的程序，实际上是模拟一个跳棋手，而机器则靠积累它下棋的经验数据，以及运用某种在同样情况下一个人也可以使用的逻辑过程来进行学习。”正是“积累经验”和“进行学习”。机器才取胜的。

下棋的由来，是模仿战争及其战术，是一种博奕。也有人认为，现代战争向博奕型战争发展，主要不是象古代战争那样靠体力搏斗，在一定程度上要靠战略、策略的运用。对策论在理论上证明，对可能走法数目为有限的博奕来说，都存在一种“最优策略”。如果用对策论来分析军事对策问题，机器下棋自然是一种启发。美国军事部门特设战术研究处，使用计算机

进行博奕运算，对新武器与新技术进行详密分析，研究导弹防御、海运补给、模拟空战、坦克战。目前，有关军事决策研究的重点之一，就是在战争爆发期间，如何运用计算机及时搜集和整理有关军事信息，以便“当机立断”，在战场上指挥战斗。

由此可见，信息与决策科学化，不仅是经济管理现代化的关键，也是军事指挥现代化的关键。

系·信·控科学统一体系的探索

莫　奎

一、前沿突出的科学群在相互靠拢

在我们的时代里，科学正酝酿着新的重大突破。

这种突破，意味着基础科学理论领域的后浪推前浪，经历着演变、创新、甚至于革命，进而带来大规模生产和工程技术方面的飞跃。

科学技术的历史已证明：第一次工业革命，主要是沸腾的蒸汽转换成为动力并获得成功。就当时的条件说来，原因不是别的什么，而是物理学中热力学的一条定律得到突破。

虽然科学技术在历史上翻开了新的一页，但是科学毕竟没有停下脚步！在工业生产的实践中，又出现了大规模的工业电气化，被誉为划时代的电气化之所以能成为现实，是由于人们掌握了电磁感应理论，并确立了电磁学的基本规律。

至于电子技术的飞跃发展，生产过程自动化和技术上遥控遥测成为现实，都是由于人们对于电子运动规律、电磁辐射和物质结构有了更深入的认识。

原子能的开发及其利用时代的到来，离不开微观世界里原子核结构理论、核裂变以至聚变规律的发现和掌握。

今天，作为科学前沿突出的科学群：系统论（Systems）、信息论（Informatics）、控制论（Cybernetics），我们喜欢

把它们简称为“三论”。无论从哪一方面看来，它们已经在相互作用、相互靠拢并给了人们以鲜明的印象！如果也能象历史上的科学技术理论那样得到个什么突破，或者以它们作为什么新事物变化的“触媒”，而导致任何理论上的突破，结果在我们的四个现代化建设中，在生产技术和工程实践上所引起的功效必然是很巨大的。

这一突出的科学群相互作用和相互靠拢表现在什么地方？它们的内在联系又在哪里？

让我们试举一个在控制论中研究成功的例子来说明。

大家听说过现代化机器中有一种叫控制论机的吧？这种机器包括着自动机；是一种利用电子计算机（Computer）作为专用机来进行最优控制的机器。

一般说来，电子计算机的功能，几乎都在模拟人脑神经细胞的系统功能。所以，这种计算机已经算得是机器人了。也有人把它说成是一种不移动的机器人（Robot）。

最初级的机器人或者称它为第一代机器人。尽管它没有人的模样，没有象人一样的自由行动。但是，它却是科学前沿上最突出的科学群——系统论、信息论、控制论相互作用、相互靠拢的新产物。

这种新产物，具有人类所特有的一些性能：有使手和臂活动的动力系统；有手和臂从事劳动的本领、有容纳指令的存贮器；有辨识环境事物的传感器，能辨识粗糙度、硬度、位置、重量、冷和热等等。

难怪有些研究控制论的学者，常常把控制论拿来和电子计算机或机器人联系在一起。英国的 M·W 斯林(M·W·Thring)确认未来的机器人学和控制论工程最终目标之一，就是生产各种类型的机器人。

所有这些专用于人们生活和工业生产中的机器，人若再加入一套自动识别和用以选择的“手眼系统”和行动装置，它们就能为人们布置房屋、整理饭桌、洗刷地板、搬运重物、往洗衣机投入该洗的衣服。但是，在厨房却不能指望这种机器人把一顿饭做好。因为做饭毕竟是一桩创造性的劳动。而它只能帮忙剥葱、掰蒜、洗菜、刮土豆皮。

这种具有“手眼系统”和行动装置的机器人，已经成为第二代机器人了。这种“进化”了的机器人，在世界上，大约有了 10000 个。这些机器人，有的还被派出去驾驶汽车、开飞机。在大马路上开汽车的机器人，也能服从机器人给出的交通信号。

据说在英国，尽管是夜深人静的时候，执行发出交通信号的机器人，还照样在街道上工作。偶然也有从这里经过的人，还是象白天一样地服从机器人的信号指挥，这事不免叫人听了感到好笑！

1980 年 9 月 21 日，日本通产省宣布研制成功具有眼睛和耳朵功能的机器人。它已经能够辨识文字、图象、物体和声音。这种机器人的划时代的成就，经历了悠长的 10 年时间，花掉研制费 220 亿日元。

这种带“电眼”和“电耳”的机器人系统，可以说已完成了信息的处理系统和相当高级的控制系统。这样，它已经有可能和人们对话了。它的这种“进化”，可算得是机器人的第三代了。

所有第三代的机器人，除了在生产线上进行流水作业；在人们生活中代替繁杂的劳动以外，还可以让它在环境不利于人的地方执行任务。因为它不需要从周围的空间吸取氧气，无论在水下，在真空里，在恶劣的气氛中，它都能忠实地代替人们去

工作。例如在那些地方从事装配、焊接、运送有害的放射性材料等。在探索月球和其他行星方面，人们也乐于和它合作。事实上，在月面的探索中，已遣派了“探测者”（Surveyor）这种机器人。

将来有一天，人们要对高寒和荒芜的巨大木星进行探索时，人类既无缘在那上面染指，更无法在那上面生存，那时，只好寄希望于机器人了。

机器人既然是那么神奇，我们有理由再来看看这种机器人和机器人所依赖的科学群系统论，信息论，控制论，怎样因机器人的“进化”而呈现出变化和发展？

我们所认识的“三论”和机器人，就象我们所认识的太阳光和焦聚镜（物理学中又叫凸透镜）。当太阳光透过焦聚镜，不管那光中所含有赤、橙、黄、绿、青、兰、紫多种颜色，都能合成一个足以引燃“触媒”，使火焰发亮的焦点。

机器人的出现，最能说明“三论”的相互作用、相互靠拢的这一事实。随着“三论”，突破生命机体与无生命机器界限的学说得到了明确的证实；通过机器人的行为，获得更多、更新、而且前所未有的信息。得以消除更多不定性因素，从而减少人脑决策的难度；对于整体性的系统安排和可行性了解也更为具体了。

但是，由于机器人也有象人一样的“进化”，来日方长，它们的用途也会逐步扩大。要求于“三论”的，将会是更新和更具体。除了视觉和听觉，还需要触觉；除了模拟人类的体力劳动，还需要模拟人类的脑力劳动；还需要具有联想和记忆的本领；还需要掌握自组织自学习的机制。

由于机器人的出现，与之平行前进的“人工智能”（Artificial Intelligence）也逐步形成。学者们很快地就把这

一新兴学术型“人工智能”列为控制论的一个分支学科。

有了人工智能，对于新一代机器人的创造，新一代机器人的“进化”史的创造，将有可靠的理论依据。

现在，我们知道无论是机器人，也无论是人工智能，只要它们朝前迈出一步，都需要“三论”来武装。反过来，由于机器人和人工智能的日益“进化”和发展，我们看到“三论”中突破生命有机体和无生命机器界限的学说（控制论），也增多了已被证实的例子；通过“人—机”的合作，获得更多、更新、而且前所未有的信息，在消除不定性因素（信息论）的同时，自然会让人脑作出决策的难度减低；机器人系统整体性的安排，人工智能对于具有 140—150 亿人脑神经细胞大系统功能行为的模拟（系统论。控制论），怎样使可行性取得最优的结果（系统论。控制论）？怎样使整体和部分、子系统和子系统的通信得到合适运转（系统论。信息论）？

但是，在这一巨大数量的神经细胞的大系统中，人们对于所有执行信息加工的思维和存贮信息用的记忆，还停留在“知其然而不知其所以然”的阶段。它们的行为过程和生理机制，几乎还完全不清楚。对于所有辨认事物和传感行为中，极其重要的反馈控制等作用，仍停留在现象的认识之中，无法进入理论的掌握。

所以，控制论的开拓者 N·维纳（Norbert Wiener）和 R·W·阿什贝（Ashby）只好把人脑看成是“黑箱”（Black-box）。直到现在，还在应用着这种看法。什么时候能把“黑箱”弄清楚了，让“黑箱”变成“白箱”，让人们对于自己的头脑得到进一步的认识，到了那个时候，我们的“三论”，不但更为靠拢而且更能共同解决新的和旧的问题。

今天，由于机器人的研制成功和人工智能的成型，已提供

了“黑箱”变成“白箱”的可能性和现实性，如果再能就“三论”之间的相互联系、相互作用，相互渗透的问题，作出具体的研究，还能为众多的学科找到向前迈进的方案。

例如，作为传统学科的机械、心理、生理、人和动物等等的控制与通讯；作为新兴工程技术科学的电子计算机、信息科学技术、系统工程、能源发掘、环境保护、生态平衡、居住分布、生活质量等的有关整体性的最优选择；信息处理及传递；动态系统的变化发展和输入输出的反馈控制，全都可以交由相互靠拢了的“三论”去议论、去研究、并提供解决的具体办法。

目前，我们所认识的“三论”，已经可以用彩色电视机显象管里的三色电子枪的作用来比拟。彩色电视机的显象管里，有了这种电子枪在工作，屏幕上的五彩、七彩、全色扫描和显影，就都有了指望。

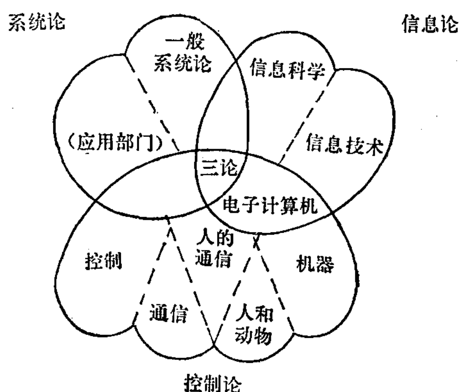


图 7　心脏构形示意图

瑞典斯德哥尔摩大学的萨缪尔森教授，在担任“一般系统论”研究会 1976 年年会主席的时候，作过一个精彩的报告。在报告中，配合所讲的内容，用幻灯反射出一幅“心脏构型示意图”。特别说明了系统论，控制论，信息论的核心关系，以及“三论”正在发展中的自然面貌。

象这样的一幅心脏叠加构形图的核心位置所反映的，不就是我们一直在讲的科学前沿上最突出的科学群吗？

现在，我们重新把它拿出来，无非是让我们在讲“三论”时有个比较直观的印象。以便进一步探索“控·信·系”科学统一体系时，有一份背景材料作为理论的依据。

二、系统·信息·控制现象到处同在

“三论”即科学前沿最突出的系统论·信息论·控制论。

我们所面对着的非常富有魅力的科学群，在今天和未来，将会出现什么样的变化呢？

所有关心这类科学群的、所有正在进行研究的、正在各自的岗位上参加创造未来的人们，都有权利对于这一问题作出自己的解答。

回忆本世纪的整个 60 年代，人们在搞阿波罗登月计划的时候，就学会了属于系统论的系统工程了。

因为系统工程，是专在系统方法论上显示的，所以，经常有人把它叫做软学科，或干脆简称它为软件。在所有现代化的工程技术科学巨大规模的设计中，几乎都得用到这种软学科或软件。

这样的一个登月计划，真算得是巨大无比而且非常繁难的宇航或航天计划！

这个计划开始于 1960 年。当时美国政府决定：要在 1970 年以前，把人送到月球上去，并且还要让他们安全返回地面。

参与这一巨大而繁难计划的科学家、工程师和技术人员共有 42 万之多；参与的工作团体包括美国科学院、宇航局、航空研究所、航空学院、空气动力学研究部门、飞机制造厂、化学工厂、钢铁工厂等，共约 2000 多所；实际投资总额 300 多亿美元。

研制阿波罗航天登月飞船时，设计者们自身没有航天登月的经验；科学家也不曾直接在高空做过物理学或空气动力学效应、生物学或高空生理学等有关的实验。但是，按照计算，那样的一只飞船，所占空间最少要有一座火车头那么大；每小时的航程，最少也要有 3 万多公里。设计时得随时考虑：那么巨型高速的家伙在天空将会表现如何？这是个严峻的问题，不但与生命有关，而且关系到整个计划的成败。

按照整个设计的系统程序，要先做模拟模型的实验；让一个飞船的模型，以每小时 32,000 公里的高速通过预制管道。与此同时，迫使高温气流从管道的另一端喷射而来。气流对运动着的模型所产生的压力，相当于飞船重返地球大气层时所承受的压力。在这一动态系统中，必然涉及信息和控制问题。

研制发射飞船的巨型超级火箭。要求具有 3,400 吨以上的强大的推动力。所以火箭直径得 10 米，长约 85 米。这么长的大家伙，直摆在地面上，简直有一座足球场的边线那么长。主要工程师已动员到了德国火箭专家冯·布劳恩。

飞船和火箭所需要的千千万万个零件部件，需要附设的千百种为科学实验和测试用的仪器仪表，都得由上百个现代化工厂分头制造。为了适应预知的高温高压条件，有些产品无法找到现成材料用来制造，还得请化学家另制新材料。设计和计算

全部完毕，才由具有专长的工程技术人员组装成型。

与这一系列浩繁的研制工程并行，是宇航员的选拔和培训。在训练期间，尽快掌握天体和月球知识、重新学习地质岩石学、锻炼月面飞行和步行、了解飞船和火箭设计想法、学会操作附设仪器仪表、适应在异常环境闷热的小黑屋中生活和工作、围绕地球模拟试飞……。所有这些，都缺少不了系统工程这一软学科或软件。但是，宇航员、自动机的本身，又怎能忽视外界信息的随机输入和动态变化的最优控制呢？

1969 年 7 月 20 日，阿波罗 11 号登月飞船，载着两名宇航员最先到达月面。使登月计划从“梦想”变成了现实。这一破天荒的现实，即刻扩大了有史以来人类对于天体空间的视野。

随着阿波罗 11 号航天成功以后，在不长的日子里，相继在美国佛罗里达半岛的卡纳维拉尔角，发射阿波罗 12—17 号 6 艘登月飞船及 21 人次遨游月面。在那里安装了 5 座核动力科学实验站、设置了 6 处月震仪、存放了 3 辆“月球车”、此外，还留下了我们提到过的一位“探测者”机器人。

在登月计划成功的这一现实里，居于指挥地位的是人，准确地控制登月行为的却是电子计算机。这种人和机的合作，无异于自然组成的“人—机”系统。

在登月计划中，各级系统所起的作用，人们很容易看到。但是，人机之间、机器与机器之间，登月飞船与地面站之间，在各种不同情况下所涌现的信息巨流，都是信息论的事；有关登月动态的合理调节，效应的适当反馈、行为的最优选择，也还要严密的控制，显然都是控制论的事。

看来如此巨大繁难的登月计划，到处都涉及“三论”，而且到处都依靠着“三论”。因此，在“人—机”系统中，在实

际生产和行为的面前，也逐渐丰富了“三论”的本身。

近年来，我们不难看到，许多或大或小的工程、有机界和无机界的科学、生命有机体和无生命的机器等，都需要“三论”来插手。

正因为是这样，我们不分日夜地注视、研究、探索着“三论”。从自然界到人世间，从自动化的工程技术到交通建设、社会经济，都普遍地存在着系统，信息，控制诸现象。几乎可以说是“无所不在，无时不有”的了。

“三论”虽然来自三个方面，但是，值得注意的是它们不但是虎虎有生气的科学群，而且对事物所起的作用，往往都是同时又同在。既无法分割，又缺一不可！

所以，在遇事都应该讲究质量和严格要求高速发展的四个现代化建设中，我们有理由，同时也有必要尽快把这三足鼎立的科学群，塑造成为一个统一的学术体系。让所有立志奋战而且正在前进着的人，对于这一学术体系容易认识、掌握和运用。既可以把它作为理论武器，又可以把它作为有效方法，用来解决科学、技术、工程、甚至哲学社会科学的一些关键性的问题。

塑造这样一个统一的学术体系，工作是繁重而艰巨的！但是我们已经有了一个专门研究“三论”的集体。经过努力，这样的设想和做法，一定会变成为现实。

三 “黑箱”理论体现着“三论”统一的必然性

控制论的开拓者们 N·维纳和 R·W 阿什贝，曾把人脑看成“黑箱”。后来还把“黑箱”这一概念，发展成为控制论的一种方法。进而形成科学技术探索新事物的理论。

人们偶一提到“黑箱”，便会想到它是一口既不透明又密封着的箱子。但是，研究它的时候，又不许把它打开。因此不能让人直接洞察它的内部结构。

那么，怎样研究它的自然存在？怎样认识它的自然存在具有何种特性？要解答这些问题，无形中会接触到自然科学工作者以至于哲学工作者在认识论和方法论中的一些事情。

“黑箱”的普遍意义，在于说明一个一个事物统一体系的内部结构。但是，却无法运用现有的手段去直接观察。只好用一种间接的方法去探索，去得到认识。

例如，人脑的存在就是一个很客观、很具体的系统。人们对于这一系统要得到认识，进而达到控制的目的，就可以借用信息的“输入一输出”来反映情况，以消除认识人脑过程中的不定性因素。

N·维纳等学者们选用了“黑箱”理论，来研究人脑神经细胞系统的功能和行为，就是对客观系统的输出进行检验。所要注意的是输出对于输入的种种关系。

在“黑箱”中，能反映输入和输出真实情况的，不是别的，只能是泼泼涌现的信息流。于是，维纳为了进一步认识人脑，并了解人脑对于功能行为的控制问题，凭着信息论所依据的大量信息流的传递；对于拥有 100—150 亿神经细胞巨大系统的层次进行分析和辨识。

在“黑箱”实验中，有时会遇到环境噪声干扰（N）影响，有时也会遇到输出反馈（F）影响。这些都是“黑箱”实验中时常遇到的现象。观察实验效果或取得数据（at）时，得细致地记下影响的情况。

维纳和阿什贝就是这样地把“黑箱”理论建立起来了。后来，这一理论还发展为控制论的基本方法之一。

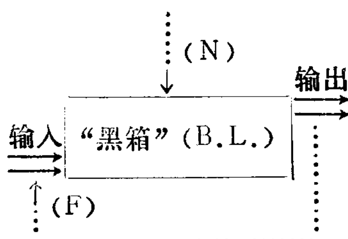


图 8

“黑箱”方法，就是指那种通过外部观测、分析“黑箱”的输入与输出的关系和它的动态过程，用以研究“黑箱”的功能与特性，而不需要直接把“黑箱”打开的方法。例如，通过输入图象、电或声音信号，观测、分析脑电波的输出反应，研究人脑对视觉或听觉信息的传递、变换、处理功能，就都是一种“黑箱”方法。

人脑具有记忆、联想、学习等功能，但是，怎样才能实现这些功能的生理、生化、形态学的内部机制？直到今天人们还不太清楚，必须得借用“黑箱”方法。

研究人脑内部机制和它的功能，为什么一定要选用“黑箱”理论呢？那是因为只有当人脑还活着，而且还在工作的时候，才能表现出它的功能来。死了的脑子就失去了一切功能！失去功能的脑子也就失去了机制。如果真地让脑外科大夫对一个活脑动手术，用解剖刀去探寻脑的内部结构细节，也会是一无所获。因为一旦冒冒失失地对人脑动了手术，就算一时还不到死的程度，也会由于受伤而颤震，噪声干扰得太厉害，所得到的数据，可靠性趋近于零，那还有什么用呢？

所以，要研究人脑，只好选用“黑箱”理论和方法。就象完全不要打开“黑箱”一样，完全不要对活脑动手术开刀。只要通过输入图象或声音信号等，就可以从外部观察和分析脑电

波的输出反应。科学工作者们就可以从不同的反应，研究人脑对视觉或听觉的信息传递、交换和处理的功能，得知内部系统的结构细节。

近年来，在酝酿科学大突破的实践中，科学工作者触类旁通，有的把这种理论和方法应用到难度较大的工程和技术、生物和医学、社会和经济等不同的学术领域方面。

凡是试行应用这种理论和方法的地方，目的都在于使“黑箱”变成“白箱”。因为在那些学术领域中，都存在着系统控制、动态过程、最优分布、以至于可行性探寻等问题。都希望这种富有共通性的理论和方法，能对一些错综复杂的问题有所帮助。

难怪控制论的学者 R·W·阿什贝对于这种理论和方法，曾经这样说过：“所有的事物，实际上都是黑箱。并且，我们从孩提时代起直到老态龙钟，一辈子都在跟黑箱打交道。”

“黑箱”和“白箱”，不是什么绝对不变的东西。在辩证唯物主义者看来，在一定条件之下，“黑箱”是可以转化为“白箱”的。

但是，我们在这里，最为关心的却是“黑箱”理论，通过人脑科学具体探索，所接触到的系统，信息，控制诸现象，往往是同时而且同在。从现象深入到本质。当我们按科学结构的内在要求来分析，那作为三足鼎立的“三论”，无论是在前沿还是后方，无论是在哪一线哪一点，都无法分割，也缺一不可。

一般说来，任一系统的功能，表现在它所在的系统中具有把一定输入转化为一定输出的本领；系统的行为，就是信息输入所引起系统输出的变化。有了这种功能和行为，就有了控制过程和事物发展的可能性。当然，促进事物的发展和发展的方向如何，还得看事物内在矛盾的深浅。

经过这样的一段分析，我们不难知道，在“黑箱”理论中，体现了系统论的整体性，也体现在信息的传递和转换中不定性因素的消除，对外界通信联系，会从模糊变得清楚；也体现了控制功能和行为的最优效应，并显出它在促进事物发展中的重要作用。

这类极其突出的科学群，相互作用、相互靠拢，同时并且同在的现象，一次又一次地出现，一个又一个实验数据的积累，因此，“黑箱”可望转变为“白箱”。

至于外界信息向“黑箱”输入后，它在“黑箱”里的过程、效应，如用一种人们常见的极其简单的数学式来解说，首先可先让“黑箱”自成一未知系统“X”（参见所列框图）。

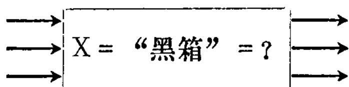


图 9

如果用了不确定性理论的模糊数学（EUZZY）式来表示，就会得到如下的简单描述。

设　　未知系统是“X”；

　　　“X”是“黑箱”；

　　　“黑箱”是不确定性的“？”

那么　“X”＝黑箱”。

但是　“黑箱”＝未知系统；

　　　未知系统＝“？”；

结果　“X”＝“？”。

什么时候可以把“黑箱”变成“白箱”就得看什么时候能把这样的一个“？”变成“0”了。意思是输入不同的信息，已经把不确定性因素消除了。

真地到了那个时候，情况就会完全不同。

所列的模糊数学式，就能得到判定。

$$“X” \doteq “?”$$

结果 $$“X” = 0$$

人们研究“黑箱”；研究人脑，总的目的就是为了得到这样一个能把不确定性因素消除，即 $X=0$ 的结果。

若真是这样，这个简单的模糊数学式才能成立。对于这个式子作出了解答，“黑箱”才有可能变成“白箱”。科学将会出现新的飞跃。就象拉开原子时代序幕的是质量和能量转化公式：$E=mc^2$。但愿同样简单的模糊数学式：“X” = 0。所得出的解答，也能拉开另一个舞台的序幕。

四、系统辨识方法照亮了系·信·控科学的行踪

近十几年来，“黑箱”方法已应用到系统辨识（System Identification）之中。并已得到可喜的成果。

对这个方面观测或考察的一些科学家，往往喜欢按系统动态的输入—输出获得数据，进而建立数学模型。有了这种模型，才能够定量地描述“输入—输出”的关系、描述系统状态、以达到系统辨识的目的。

现在，在生产自动化中，设计电子计算机控制系统，需要建立一种了解生产过程的数学模型；研究生物规律、药物反应，从事定量分析时，为要得到精确的结果，也需要一种数学模型；从事社会调查、人口密度分布、巨大规模的经济措施，都需要各种不同的数学模型。

模型是什么呢？简言之，是对于客观事物的特征及其变化规律的描绘。那么，数学模型又是什么呢？通过函数关系，得到系统的基本性质，也可以通过方程式的描绘，得到系统的运动变化状态。因此，一个数学公式就算得是一个数学模型。但是，数学的描绘却不是真实系统的本身，只能是真实系统的简化模型。对于控制系统作定性和定量的分析时，所建立的系统输入一输出的定量关系，也已经是控制系统的数学模型了。

系统辨识是通过系统外部观测所获得的数据，以便从事辨识诸系统的结构和它的参数，从而得到系统输入与输出的关系和状态的数学模型。

用系统辨识方法，涉及到试验设计、测试输入信号的选择，输出信号的观测、试验数据的处理、数学模型的结构和选择、参数的记入和估算等等。

在这个方法中，所涉及的客观事物，一概用了系统来概括;输入一输出信号，都是信息传递和变换的表现;模型的选择和参数的估算，不就是系统动态最优控制的结果吗？所以，在系统辨识方法中，也都同时反映着科学前沿最突出的科学群：系统论、信息论、控制论带有特征性的问题。

经过这样的分析，再次提出把“三论”溶合成为一个体系，还是有一些道理的。让我们凭着新的认识和新的观点，来观察日日夜夜所接触的“过眼烟云”吧！

人们所感觉的外在事物、各种刺激，都是对于自己的输入。而且，各种不同的刺激，都会引起自己心理上或行为上的一定活动，就是自己内在的输出。

输入一输出的变化，是有条件的。就象江河的奔流，空气的升腾一样，输入是外因作为条件，在特定的作用下，经过内因条件的激发所作出的反应就是输出。记得维纳把行为概念引进

一般控制论的系统时，就是让系统行为在周围环境作用下作为输入，随即得出反应，那种反应就是输出了。

在当时的理论水平和技术条件中，维纳得出的结论：功能是系统把一定输入变换成一定输出的本领；行为是输入所引起系统输出的变化。维纳的着眼点，只限于单个的系统功能和行为，所以选用了“黑箱”理论和方法。也就暂时满足了。

但是，50 年代和 60 年代的头几年里，科学技术飞速地发展着，系统论也象控制论和信息论一样地显出它的突出地位。身居前沿的一些科学家，在引用“黑箱”理论方法时，也逐渐从单个的系统功能和行为，注意到多头（众多）系统功能和行为。于是，发现了系统的同态、同构和等价概念。因此，在“黑箱”理论和方法的基础上，建立了与它同样重要的系统辨识方法。

美国的“锋线”学者 L·A·扎德（L·A·Zadel），在 60 年代中期创建了模糊数学（Fuzzy），早些年，他曾主攻过控制论，他曾在一篇《从线路理论到系统理论》（From Circuit theory to system theory）论著中，给“系统辨识”这一崭新的方法作出了恰当的描述：“系统辨识是在输入和输出的基础之上，从一类系统中确定一个与所测系统等价的系统”。请注意，他在描述中，强调的是“一类系统”。这就意味着多头（众多）系统，而且，只有多头系统。才会有“系统等价”全新的概念出现。也就是我们在系统辨识方法中讲的模型、原型、同态、同构和等价的概念。但是，在未讲这些概念以前，不禁要问“怎么说系统辨识方法与黑箱理论和方法同样重要”？

因为系统辨识方法照顾得到多头系统输入一输出的关系，最能适应今天大规模自动化生产的需要；除针对不同类型的模

型提供解决方法以外，还可以用它来检验系统模型的结构；还可以用它来进行试验设计。

在应用系统辨识方法的同时，就有了客观事物多头系统的存在；也有了提供事物变化的丰富信息流的存在；面对着这一切，最优控制这一环节问题的存在，自然不在话下。

那么，我们是不是可以这样说：系统辨识方法是光辉的，它的出现不但体现了“三论”统一的必然性，就连与它自己有血肉关系的系·信·控科学的行踪也都照亮了。

现在，我们就要来讲系统辨识方法中的模型、原型、同态、同构和等价的概念。

模型（model）是对于客观事物的特征及其变化规律的描绘。

原型（prototype），客观存在的具体事物；实际的研究对象；初始系统形式等，都算得是原型。

同态（Similar state），模型和原型相似就是同态。电子计算机（电脑）模似人脑的部分功能，可以说就是人脑的同态模型。

同构（Isomorph），地图与它所表现的地域同构；底片和从它冲晒出来的照片同构；另外，也还有格局方面的同构。

等价（Equivalence），L·A·扎德说过“系统辨识是……从一类系统中确定一个与所测系统等价的系统”。这个等价的意思，是指模型与原型中间的一种相似关系。在系统辨识用以检验系统的结构部分，也有着对于等价应用的一段描写：

定常（即时不变）线性系统的脉冲响应记作 $\wedge(t)$，系统输入—输出的关系可以表示为

$$Y(t)=\int_0^{\infty}\wedge(\tau)u(t-\tau)d\tau$$

对于单输入单输出系统，它的输入输出关系，可以用脉冲响应函数来表示。

$$Y(t)=\int_0^{\infty}h(\tau)u(t-\tau)d\tau$$

这里 y(t) 是输出变量，u(t) 是输入变量，h(τ) 是脉冲响应函数。

一般地说，对于同一个输入输出特征，即同一外部特性可以提出许多不同的数学模型。因此，我们要定义等价关系。

如果一个线性系统的状态方程，是由另一个线性系统通过状态变量的非奇异线性变换得到的，那么这两个线性系统称为代数等价。如果一个线性系统与另一个线性系统具有相同的传递函数阵，则称它们是K—等价。

所有这些模型、原型、同态、同构、等价的数学名词，在系统辨识方法中，好象桃花、杏花、海棠花在小灌木林子里，使得整个花园分外丰满。

我们曾听说，在丝绸之路上，有过一位古代的行吟诗人，坐在驼峰中间，从闪光的星星上认得出星星下名城座座。我们今天虽然不是在丝绸之路上，也还不是一位诗人，但是，都是在科学前沿的阵地上，艰苦地战斗着、前进着啊！

我们既然从最新出现而且闻名天下的系统辨识方法中，看到众多栩栩如生的数学名词。数学的花花朵朵。而这个系统辨识方法面前又已照见了系·信·控科学的行踪。但要问我们的前方站在哪里？还得继续努力探索！

系统分析和决策研究

王　兴　成

一、管理、决策和系统分析

管理是人类社会的一种组织活动，它发源于社会劳动和集体生产活动。马克思说："一切规模较大的直接社会劳动或共同劳动，都或多或少地需要指挥，以协调个人活动，并执行生产总体的运动——不同于这一总体的独立器官的运动——所产生的各种一般职能。"（《马克思恩格斯全集》第 23 卷第 367 页）管理就是协调个人活动和组织集体活动的一种指挥职能。进一步说，管理就是根据一定的方针、政策和规章制度，按照一定的目地和要求作出决定——决策，组织执行——实施，鉴定评价——总结。这是一个包括一系列反馈控制在内的连续不断的过程。这种过程在全社会，在任一部门和单位都始终存在，永无休止。所以管理就是通过计划、组织和监督等活动，有效地利用人力、物力和财力，发挥其最佳效率，从而成功地达到预定目标，顺利地完成既定任务。

这样，一项具体任务的管理活动，在它的时间轴上可以划分出如下三个阶段：决策、实施和总结。这三者的地位和作用，很难分出孰重孰轻。一般说来，决策是重要的，这是整个管理活动的第一步，"千里之行，始于足下，""差之毫厘，失之千里。"然而，有人说，"管理就是决策，"这似乎强调

得过分了。实施才是管理的“主体工程”。决策总是难免带有“纸上谈兵”的成份，而实施却是“白刃见血”的实战。至于进行鉴定评价的总结阶段，这是承前启后的工作，长期来始终为我国人民所重视，它的意义是不能忽视的。

从现代社会的管理活动为研究对象，产生了现代管理学。决策研究是现代管理学的一个分科，它探讨决策活动的理论和方法。系统分析是科学的决策方法之一，这是系统论和管理学互相渗透，互相溶合而成的一种崭新的科学决策方法。系统分析的研究和实践把现代社会的决策活动提高到了一个新的水平。当然，系统分析不仅运用于决策活动，实际上也运用于组织管理的全过程。六十年代初，我国在工农业生产部门试行的统筹方法，在国防科技部门出现的“总体设计部”的组织机构，都贯彻使用了系统分析方法。

我国著名数学家华罗庚积极创导统筹方法，成为研究和运用科学的管理方法的先导。当时，大庆油田、黑龙江省林业战线、山西省大同市口泉东站、太原铁路局、太原钢铁公司、以及一些省市的公社和大队都推行这种科学方法，取得了良好的效果。这是我国现代管理学研究和实践的开端。与此同时，我国为了独立自主和自力更生地发展国防尖端技术，开展了大规模的科学技术研究活动。如何在一定的时间内，用有限的人力、物力和财力，最有效地利用科学技术的最新成就，来完成一项大型的研究和研制任务，这就是当时组织管理部门面临的紧迫的课题。在我国国防尖端技术科研部门建立的“总体设计部”或“总体设计所”，就是对这种大规模的社会劳动进行协调指挥的新型机构。我国著名科学家钱学森等指出：“总体设计部由熟悉系统的各方面专业知识的技术人员组成，并由知识面比较宽广的专家负责领导。总体设计部设计的是系统的‘总

体'，是系统的'总体方案'，是实现整个系统的'技术途经'。总体设计部一般不承担具体部件的设计，却是整个系统研制工作中必不可少的技术抓总单位。”“总体设计部的实践，体现了一种科学方法，这种方法就是'系统工程'。'系统工程'是组织管理'系统'的规划，研究、设计、制造、试验和使用的科学方法。我国国防尖端技术的实践，已经证明了这一方法的科学性”。①

系统分析从广义上讲，它与系统工程只是同一学科的不同名称而已；从狭义上讲，系统分析属于系统工程的准备阶段或开始阶段，系统工程则包括组织、管理的全过程。系统分析的实践，也证明了系统方法的科学性。

二、系统分析的含义和特点

1. 系统分析的含义

系统分析是一种科学的决策方法。它应用计量经济分析与其他专门科学方法，以解决选择方案等决策问题。这是一项系统的工作方法，用来向决策者就有关问题和行动方案，提供完整的、正确的和可靠的综合资料。系统分析是一种研究方略，人们运用多种专门学科，在不确定的情况下，就全部问题，找出其目标和各种可行方案，比较其成本效益和可能出现的风险，作出判断，提出建议，帮助决策者就复杂问题进行最佳选择。简而言之，系统分析就是对特定的问题，利用数据资料，运用有关管理科学的技术和方法，进行研究，协助领导者选择

① 钱学森等《组织管理的技术——系统工程》，《文汇报》，1979年9月27日)

的一种决策工具。

2. **系统分析的特点：**

（1）系统分析首先把所研究的事物、现象和过程看作是一个整体——系统。确定给定系统的边界范围，把它从周围的系统中划分出来。同时，鉴定这个系统的组成部分，必要时逐级递阶，划分各种子系统。这个给定系统既是较高一级系统的一个因素，而给定系统的任一要素又构成较低一级的子系统。这就贯彻了系统方法的整体性原则。以北京市的公共交通系统为给定的研究对象，它是北京市整个交通系统（S_1）的子系统（S_2），而这个给定系统（S_2）中的任一组成部分——公共汽车队或电车队，又构成较低一级的子系统（S_3）。这种整体性认识有助于人们在管理工作中，尤其是在决策中树立全局观点，贯彻全面性，这是唯物辩证法的重要思想之一，也是管理和决策取得成功的重要保证。

（2）系统分析重视给定系统的外部联系和内部联系。必须如实地和详尽地认识和鉴定给定系统与外部有关系统的相互作用及内部各种子系统的相互作用，给定系统的整体作用就是上述全部作用的整体效应，这种效应是在不断变化的状态下有序地实现的。这就体现了系统方法的相关性原则（即相互联系的原则）、有序性原则和动态原则。在建立和运用各种模型时必须贯彻这些原则，才能正确和有效地发挥模型的效用。北京市公共交通系统的整体效应，必须在北京市整个交通系统内部各级各类子系统的错综复杂的相互作用中探求。这里，还一定会涉及北京市各级各类社会系统——公安系统、城市规划和建设系统、工业系统、农业系统、商业系统、科教文系统等等。相关因素和参数是大量的，复杂的，多变的。这种相关性、有序

性、动态性的认识，有助于人们在管理和决策中树立普遍联系的观点和不断发展的观点，这也是唯物辩证法的重要思想之一，这是人们成功地进行社会活动的方法论基础。

（3）系统分析积极地和大胆地将现代化应用数学引入管理领域。在系统分析的每一步骤都力求运用各种数学工具。系统分析所用的各种资料，必须尽量用数学语言来描述，用数字显示其差别。现代应用数学在系统分析中的广泛应用，为电子计算机进入组织管理部门扫清了道路，使管理和决策逐步走向定量化，精确化和自动化。这样，才使人们具有一种现实的可能性，来认识和发挥给定系统的复杂多变的整体效应。系统分析重视和运用一切计量因素，这是区别于传统工作方法的一大特点。系统分析的价值，在于它能先行解决问题的容易部分——大多是可计量因素，主要由系统分析人员处理；然后，决策者可以集中精力，来解决问题的较难部分——大多是非计量因素。

（4）系统分析绝不忽视非计量因素，相反，往往把它作为"难点"而认真对待。在现代社会的管理活动中，人是主要的管理对象，这是最活跃、最复杂的关键因素。至今，有关人的许多因素是难于计量、甚至暂时还无法计量的。例如：政治觉悟、思想品质、作风习惯、工人和农民的劳动态度，士兵的军风士气，科研人员的创造性和积极性，机关干部的创业精神等等，所有这些重要因素，目前一般还无法进行计量，需要系统分析人员深入细致的调查研究，尤其需要决策者运用丰富的社会经验和高超的判别能力（这是一种领导艺术）来加以衡量和估计。这里，一定的模糊度反而能正确地反映对象的"卢山真面目"。真确分模糊所伏，模糊兮真确所倚。"周恩来同志在《雨中岚山——日本京都——》诗中咏曰："一线阳光穿云出，

愈见姣妍。人间的万象真理，愈求愈模糊；——模糊中偶然见着一点光明，真觉姣妍”。

（5）系统分析在给定系统的设想与现实、计划与实施之间建立一种“中介”环节，使人们通过系统周密的调查研究，在认识上逐步接近给定系统的实际，并采取适当的控制措施，使它按照人们规定的目标和利益运行。系统分析为领导者提供一种反馈控制，借此可以弄清什么是实际正在发生的情况，什么是主观上认为正在发生的或应该发生的情况，并对两者加以比较。系统分析要求人们根据事实而不是从先验的看法入手，先验的看法往往产生于未完全认识给定的系统或未经充分检验的经验。系统分析与未经事实检验的报告制度大不相同，在这些报告制度中，客观事实可能被误解、混淆、隐瞒和歪曲。系统分析要求领导者一切从实际出发，坚持实事求是的原则，这是完全符合唯物论的思想的。系统分析不仅用模型来模拟给定系统的现状和前景，而且力求用实验来检验其理论预测的结果。系统分析人员应该懂得模型和实验也是有条件的、相对的、现实是不断发展变化的，应该使模型和实验适应这种动态系统。这充分体现了辩证法的发展观点的重要。

三、系统分析的步骤和注意事项

1. 系统分析是一种科学的逻辑推理技术，对任何问题的研究，一般可分为五个步骤：

（1）提出问题：进行系统的合乎逻辑的叙述。说明问题的重点和关键所在，恰当地划定问题的范围和边界条件，同时确定目标，明确要求。问题的构成是否正确，这是涉及整个系统

分析成败的第一步。有时，一项系统分析出现失败情况，究其原因，往往是问题构成错误，或问题的范围过窄、过宽，或问题的重点和关键不明、不对，或问题的目标和要求过高、过低，凡此种种，都会造成系统分析的其余步骤无法走上正确的轨道。

（2）进行调查：问题提出以后，即需拟定研究大纲，决定分析方法，然后据以进行调查，搜集资料。必须收集与给定系统有关的一切资料——历史资料和现实资料，文字资料和数据资料。其中，应当更加重视现实资料和数据资料，加强对重点资料和关键资料的收集工作。资料并非愈多愈好，而是根据系统分析的要求，把重点的和关键的资料一定掌握起来。必须重视反映各种因素相互联系和相互作用的资料。收集资料的工作，必须下大功夫进行。我国古代王国维所述"治学"和"立业"的"三境"中："望尽天涯路"、"众里寻他千百度"，[①]就是这个意思。有时，一项系统分析出现失误的情况，查其究竟，往往是资料收集得不对或不全，造成分析判断的错误。

（3）分析运算：为了便于分析，一般都建立各种模型。所谓模型就是对实际情况的一种类比表示或抽象表示，其种类甚多。如："数学公式"、"电子计算机程序"以及各种图表和实物等等。模型的功能就是组织我们的思维和获得处理实际问题所需的指标和线索。模型是对现实活动仔细构想出来的一个抽象模式。概率模型表示受随机变动影响的事件出现的次数。

---

① 王国维：《人间词话》云："古今成大事业大学问者，必须经过三种之境界：'昨夜西风凋碧树，独上高楼，望尽天涯路'，此第一境也，'衣带渐宽终不悔，为伊消得人憔悴'，此第二境也。'众里寻他千百度，回头蓦见，那人正在，灯火阑珊处，此第三境也"。

正规化决策模型包括一组随不同环境而变的（假定的）行动规则，这种模型一般同系统的概率描述一道使用。模型只不过是现实过程的近似描述。如果它说明了给定系统的主要特征，它就算是一个满意的模型。实际上，给定系统处于不断的变动之中，所建模型如能反映这种变化，则使用这种动态模型进行运算分析，必能取得良好的结果。如果所建模型不能说明给定系统的主要特征，或者静态模型不能反映现实系统的动态变化，系统分析人员如固守这类模型，则人们将受它们的蒙骗，工作将出现失误。因此，在分析运算时，要正确使用模型，防止模型的误用。系统分析人员有权建立模型，但无权故弄玄虚。行政领导者不必使用系统分析的专门符号，他只需根据自己的意图在工作中与系统分析人员接触。

（4）设计方案：利用模型或其它资料所获得的预测；设计各种方案，比较其成本效益和利弊得失，并把计量因素与各种非计量因素结合起来，全面权衡，然后作出判断，提出结论。

（5）试验鉴定：用测验或试验的方法来鉴定所获得的结论，并提出应采取何种方案的建议。方案的选择和实施，这是决策者的权力和责任。

系统分析以上五个步骤，是一次分析过程中的几个必要的环节。实际上，当一次分析结束所作的结论并不满意时，只要条件许可，系统分析又进入二次分析，重新提出问题，再次进行调查，收集资料，……如此，分析工作就进入了循环，直到取得满意的结论为止。在决策阶段，系统分析进行数次循环是常见的。其实，系统分析的循环活动还延伸到方案和计划的实施阶段，甚至总结阶段。在管理活动的全过程，不断出现新问题，反复进行方案论证，经常修正计划，都需要运用系统分析，以求问题的正确解决。

2. 注意事项

（1）系统分析注重实地考察，不用层层汇报。系统分析人员必须到现场去，亲自接触实际，获取第一手资料。对历史资料和其他第二手资料，必须反复鉴定核实，去伪存真，以供分析时参考。

（2）系统分析重视模型，而不迷信模型。系统分析人员把模型当作一种运算分析和类比表示的工具，而不把模型当作供人欣赏的“作品”。不能过分注重模型而忽略问题的本身。模型应来自客观存在和实地观察，而不应该来自主观设想和先入之见。不可为迎合一个理想的模型去限制调研工作，应该使模型尽量近似地描述给定系统的重要因素及其相互关系。一般说来，新建模型应当尽量简明。如果一个简单的模型可以描述出系统行为的百分之九十，并在数学处理上没有多大困难，那么，它就比一个复杂的模型优越得多，虽然这个复杂的模型对给定系统能反映的更真实些，但是需要大量的数学处理，可能拖延完成研究的时间。

（3）系统分析强调了解和研究本国、本地、本部门和本单位的实际情况，切忌简单套用外国、外地和外单位的现成经验和结论。系统分析人员要全面熟悉当地的人员、设备、物资、环境、以及风俗习惯等，以便找出在特定环境下可行的理想的方案。

（4）系统分析所运用的各种具体方法，必须随着工作对象和工作过程的变化而不断地变换，甚至创造一些新的具体方法，以适应新的情况，并经常检查这些方法的使用效果。P·cu·S 布莱克特指出：“任何一个组织如果定期地改变它的方法并检查其结果，那就一定能接近最佳运行状态。如果这两个要

素缺少了任何一个，即不改变方法或不观察其结果，那么恢复上述这一做法就可使工作大大改进*。”

（5）系统分析人员必须与行政领导者及有关单位的广大工作人员密切合作。系统分析人员应该在有关行政领导者的指导下独立地展开专业分析工作，要对决策任务负责而不是对领导者个人负责。系统分析人员要取得广大工作人员的积极配合，这样，系统分析的每一步骤才能顺利地达到预定的目的和要求。这里，我国群众路线的工作方法，完全是行之有效的。系统科学的分析方法加上群众路线的革命传统，这就是在现代社会条件下，使我们取得决策成功的保证。

---

* P•cu•S 布莱克特：《运筹学的进展》1948 年 4 月第 26—28 页

非平衡系统自组织理论在经济系统中的应用

姜　璐　沈小峯

一、自组织理论简介

自然界存在着大量的现象，它们随时间演化最后到达一个随时间不变的定态或随时间振荡的状态。这种过程不是象传统物理学给出的：趋于平衡，趋于熵最大值，趋于无序；而是达到一种更加有“组织”，更加有序的定态。例如物理学的激光，化学反应中的自催化反应、生物的循环反应等。

比利时的 Prigogine 学派对这类现象进行了长时间的研究，提出了“自组织”理论，统一解释了这类向着稳定的有序状态发展的过程，得出了这类现象的一些共同规律。他们的一个基本出发点就是非平衡是有序的起源。即系统的“自组织”现象一定是一个开放系统在远离平衡时产生的。

按照热力学第二定律，一个系统在演化过程中其内部熵的变化总是增加的 $ds_i \geq 0$（达到平衡时 $ds_i = 0$）。这种熵的增加是过程的不可逆性本身要求的。我们知道熵是衡量系统有序程度的物理量，高熵对应着无序态，低熵对应着有序态。一个非平衡系统在与外界环境有物质和能量交换时，总的熵改变可以分成两部分：一部分是内部的熵变 ds_i（由于内部熵变总是增

加的。我们称为熵产生）。另一部分是与外界互相交换引起的熵变 ds_e（我们称为熵流）。在与外界交换使系统熵增加时我们记为 $ds_e>0$，熵流为正，反之为负系流。在外界流进的负熵流大于系统本身的熵产生时($|ds_e|>ds_i$)，整个系统的熵将减少。我们找到了各种系统无论是物理、化学、还是生物，它们要出现自组织现象的一个统一的特点是系统必须为开放系统，而且与外界交换使系统得到的负熵流大于其内部的熵产生。

通常用非线性微分方程组来描写这样系统的变化情况。非线性微分方程组的特点是有多个定态解及存在分支现象，这些正好可以用来说明新的稳定有序状态的形成。线性系统不可能有分支现象。这表明形成耗散结构系统的微观组元之间的相互作用必须是非线性作用。

为了讨论“自组织”理论还必须讨论涨落。涨落是随时发生的。在一般情况下，由于大量微观组元的平均作用，涨落被减弱，不影响系统的宏观性质；只是在参数达到某一临界值时，涨落被放大，形成了宏观涨落，使系统状态发生改变，出现新的稳定态。这个宏观涨落形成新的有序态是靠从外界获得能量来维持的。我们称这种新的有序的靠外界能量维持的定态为“耗散结构”。这种有序是不同于平衡态时出现的有序结构如晶体（它不靠外界的能量来维持），人们常常称这里为涨落导致有序。

综上所述，可以看出耗散结构的一些显著特点是：系统从外界获得负熵流、系统内部微观组元之间存在非线性相互作用和涨落导致有序。

目前除了根据自组织系统的不同相互作用机制，列出其随时间的演化方程（在化学反应中称为反应扩散方程），对方程进行稳定性分析，找出系统出现新的定态解（耗散结构）的参

数条件，利用分支点理论分析耗散结构的特点以外。还进一步讨论涨落如何在临界点被放大，系统怎样从一个不稳定的初态向稳定的终态过渡，研究临界慢化等非平衡相变本质的问题。这些理论工作和实际应用工作都发展得非常迅速，是目前物理学发展的一个前沿。同时这种理论也开始广泛地应用于化学、生物和社会经济领域，并取得了一定的成功。

二、关于社会经济系统

社会经济系统研究问题的范围很广。例如城市交通问题，经济建设问题，人口及资源关系问题等，它涉及到国民经济很多部门，与我国四化建设有着密切的关系。因此从非平衡统计物理的角度去讨论这类问题，不仅是“自组织”理论的重要应用，可以丰富发展现有的理论。而且有着很大的实际意义。它的研究将助于对社会主义经济规律的探讨，对社会主义建设起着直接的促进作用。另外也将沟通自然科学与社会科学，促进它们一体化的进程。总之，这方面工作虽然开展不久。但它有着重要的意义和良好的前景。

（一）某些社会经济问题可以用非平衡统计的办法来进行研究。

前面我们已经看到统计物理中开放系统在远离平衡态时可以形成一种更为有序的稳定结构称为“耗散结构”。它们的特点可以归结为从外界输入负熵流：内部微观组元之间具有非线性作用；存在着偏离平均值的涨落现象。

在社会经济问题中，我们所研究的系统如一个城市、一个地区等等都是开放系统。与外界交换物质、能量和信息可以看

成这样系统存在的一个基础。在社会中孤立的封闭的系统是根本不存在的。由于与外界环境有交换。因此可以存在负熵流。当负熵流大于系统内部的熵产生时，系统就可能沿着熵减少的方向运动，最后出现一种更加有序的稳定结构。

一个经济系统中各因素之间的相互关系非常复杂。例如在讨论某一地区经济及人口发展问题时，工业中心的经济发展，可能吸引工人，使中心人口增加，而削弱了周围的发展：也可能由于中心地区经济的发展，带动了周围地区的发展，使围周的人口增加，而削弱了中心，甚至发生了工业中心的转移。因此必须用一种非线性作用来表示系统内部这种关系。从自组织理论可以知道，非线性作用可以使系统有多个定态，系统的演化也就有多种可能。系统演化上这种表面的不确定性是非线性作用的结果。

社会经济现象中的数量也同统计物理学中一样仅具有统计的意义。是一种平均值。涨落是客观存在的。

总之，系统形成耗散结构所具有的特点在社会经济系统中都能出现，因此很容易把社会经济问题按非平衡统计的办法来研究，并得到相应的结果。用自组织理论来研究经济问题不仅有可能而且非常必要。我们知道社会经济系统是一个非常复杂的系统，包括各种因素及其复杂的相互作用。对这样系统的研究可以有各种各样的方法。社会主义条件下仍然存在着商品生产，商品生产必须要进行交换，因此任何生产系统，必然是一个开放系统。要与国内外、省内外、系统内外进行物质、能量和信息的交换。非平衡统计物理中的自组织理论主要讨论开放系统的性质，这正是抓住了经济系统中的主要特点。按照自组织理论，研究系统就要分析系统与环境之间的交换及变量之间的相互作用，对社会经济系统就是要分析商品生产、商品交

换，分析各个部门之间的相互关系。自组织理论指出耗散结构的出现、自组织状态的存在是靠与外界的交换来维持的。忽略了这些就不可能正确分析系统的发展变化情况。这实际上是给我们指出了研究经济问题时应注意的一些基本问题。对经济理论的发展有一定的推动作用。

（二）社会经济系统演化的两种形式

系统随时间演化的一种形式是按照从微分方程组得出的一条稳定的轨迹线来运动(包括系统处在一定态上)。对这种演化，可以预言下一时刻系统的情况，我们现在进行的多是这方面的工作。当一个系统存在多个定态解，也就是有多条稳定轨迹时，我们也仅仅讨论系统沿某条轨迹线演化时，状态如何变化。例如在某条轨迹线上，工业中心是否转移，人口分布如何改变等。同时指出要想得到另外的结果，即要让系统在另一条轨迹上运动，参数值要怎样选择等等。

系统的演化还有一种剧烈的形式，或者说存在一个不稳定的时刻。即当密度涨落或“经济改革”使系统原来所处的演化轨迹不稳定，而向另一稳定的演化轨迹上运动，这时我们要研究在临界点附近的情况。这种情况比较复杂，因为系统有多重定态。首先要解决系统在临界点将跃迁到哪条演化轨迹上去，最后达到哪一个定态的问题，这点在社会经济问题中尤为突出。因为我们研究社会经济问题就是要解决通过参数的选择使系统按照我们的要求演化，但由于统计物理本身对这个问题并没有完全解决，我们这里也只能作简单讨论。

（三）社会经济问题的特点

按照统计物理的办法讨论社会经济问题，首先要选择变

量，根据系统的内在规律确定模型，并建立运动方程，然后求解得到结果。在这些基本的方面，社会经济问题是与物理中的问题有相同之处的。但由于社会经济问题比一般物理问题要复杂得多，把各种因素都考虑进去简直是不可能的，因此实际上总要进行大量简化，抓住反映问题本质的最主要的因素来讨论。这种简化是否合理是我们很关心的问题。怎样检查建立的模型是否合理，这与物理中有所区别。在社会经济问题中是把用方程得出的系统随时间的演化情况，同相应的客观实际系统过去和现在的状况相比较，如果一致，我们就认为模型是合理的，同时进一步认为用这种方程来预言系统今后的发展也可能是正确的。可以说客观实际情况的历史和现状是我们经济系统研究中的“实验数据”，我们对今后预言的合理性是由对以前历史情况和现状的正确解释来证实的。

三、建立社会经济系统的模型

按照非平衡统计物理的方法来讨论社会经济系统，先要选择变量，分析系统内部的相互作用，建立数学模型，并根据数学模型写出运动方程。

社会经济系统的模型基本上是两种最简单的雏形，在某种雏形基础上进一步分析系统内部的相互作用即其它变量对某一变量变化率的影响，以及外界环境的流（流是作为一个恒定的参数引进方程的）。下面用具体例子来分析怎样从基本类型出发。在复杂问题中按照统计物理的方法，找出变量之间关系写出方程。

（一）线性方程雏形

系统成员 x 随时间的变化与一量 A 成正比即

$$\dot{x} = A \quad (3.1)$$

考虑到“社会摩擦”作用，x 增加时由于其成员 x 内部之间的相互制约将会控制自身的增加，到了某一限度将不再变化，超过这一限度 x 将减少。因此我们要采用“修正的线性方程”雏形

$$\dot{x} = A - x \quad (3.2)$$

下面以城市交通问题为例，说明如何完善这种类型的方程。

对有一个中心城市。周围几个卫星城的城镇体系，讨论公共汽车数量及乘客人数的发展情况。设中心城市的公共汽车数为 L_i。中心城市 i 和卫星城 j 之间的交通车数量为 C_{ij}。公共汽车的乘客为 y_i、y_j。研究这些变量所满足的运动方程。由于工人上班，家庭主妇买东西，人员从一地向另一地的流动我们称为转移需要量，取作常量。并认为利用其它交通工具如自行车、摩托车等的人数与乘客的比例同乘客人数无关，这使得公共汽车对乘客的吸引力是确定的（人口较多的地区是自然满足的），其它一些不是所讨论的变量对汽车数 L_i 和乘客数 y_i 等的影响全当成外界的流。用一些确定参数表示。这时我们可以把这个系统当成一个开放系统，应用自组织理论来建立方程组。对公共汽车可有

$$\dot{L}_i = A - KL_i \quad (3.3)$$

郊区的交通车数量对 L_i 无影响，乘客多少对公共汽车变化率的影响表示为 $A = \nu y_i + \sum_j \nu y_j$ 在按照自组织理论列出的方程中，可具体把参数 K 解释为汽车的维修费用，ν 解释为乘客的车票费。公共汽车数量的增长是与总的车票收入成正比。而

"社会摩擦"现象由自身的维修费用决定。同样

$$\dot{C}_{ij} = \nu y_j - K'C_{ij} \tag{3.4}$$

对乘客仍然是只考虑变量之间的作用可写出

$$\dot{y}_i = B - y_i \qquad B = \frac{DAy}{Ax + Ay} \tag{3.5}$$

D 是对人员流动的客观需要量（转移需要量）为一常数。Ay、Ax 分别表示公共汽车和其它交通工具对人的吸引力、Ay 大小与公共汽车的数量多少，服务质量好坏有关。公共汽车对乘客变化率的影响就包含在"吸引力" Ay 中。同样

$$\dot{y}_j = \frac{D_j A y_j}{A x_j + A y_j} - y_j \tag{3.6}$$

为计算简单假定：

$Ay = L_i$　　（吸引力只由公共汽车数量决定）

$Ay_j = L_i + C_{ij}$

$D_1 = D_2 \cdots = D_n = Q$　（各个卫星城对转移的需要量一样）

$Ax_1 = Ax_2 = \cdots = Ax_n = \alpha$

$$\nu' = \nu \qquad K' = K \tag{3.7}$$

这样方程

$$\begin{cases} \dot{L}_i = \nu y_i + \Sigma \nu y_j - KL_i \\ \dot{C}_{ij} = \nu y_j - KC_{ij} \\ \dot{y}_i = \dfrac{DL_i}{Ax + L_i} - y_i \end{cases}$$

$$\dot{y}_j = \frac{\mathscr{D}(L_i + C_{ij})}{\alpha + L_i + C_{ij}} - y_j \tag{3.8}$$

作为我们描写交通系统的非线性微分方程组。

（二）生态方程雏形

系统成员 x 的增长率（＝出生率－死亡率）与某量 A 成正比。

$$\frac{\dot{x}}{x} = A \tag{3.9}$$

考虑到“社会摩擦”作用，方程可为

$$\frac{\dot{x}}{x} = A - x \quad 即 \quad \dot{x} = x(A - x) \tag{3.10}$$

人口的增长，生产的发展大多符合生态方程雏形。下面以经济发展和人口增长的问题为例讨论这类方程如何完善。某一城市经济结构可用六个变量来表示。S^1 表示工业企业，特别是那些占地面积大的重工业数量，

S^2 表示对财政金融业的数量，

S^3 表示服务行业的数量，主要是商业服务。

S^4 表示某些专门的服务行业，实际是学校，工业附属单位等，

x^1 表示工人的数量。

x^2 表示管理人员的数量。

把城市分成若干区，针对某一区可列出相应的运动方程，其方程也是考虑各变量之间的关系，具体为：

$$\dot{S}_J^{1,2} = \varepsilon^{1,2} S_J^{1,2} \left(D^{1,2} \frac{A_J}{\sum\limits_{J'} A_{J'}} - S_J^{1,2} \right) \tag{3.11}$$

$\varepsilon^{1,2}$ 是比例系数。$D^{1,2}$。A_J 与线性方程中一样，分别表示对工业的需要量和 J 点对工业的吸引力。这个吸引力仍然体现了其它变量对 $S^{1,2}$ 变化率的影响，具体形式是

$$A_J = \left[\frac{1+\rho^{1,2}S_J^{1,2}}{\mu^{1,2}+\alpha J\phi^{1,2}} \quad \frac{\tau^{1,2}}{\tau^{1,2}+\sum\limits_{K'}x_J^{K'}+\sum\limits_{1'}S_J^{1'}} \right] C_0^{1,2}$$

$\rho^{1,2}$ 是企业内部的合作性，如炼铁业的存在促进对炼钢业的吸引；$\mu^{1,2}$ 是企业的花费，$\alpha J\phi^{1,2}$ 表示产品输出的花费，$\mu^{1,2}+\alpha J\phi^{1,2}$ 反映了该点对企业的排斥强弱：后面因子体现了由于人员多，企业密引起诸如地皮紧张，资源枯竭等，使该地点对企业发展的吸引力有变化。

对其余四个变量也可以相应地得到

$$\dot{S}_J^{3,4} = \varepsilon^{3,4}S_J^{3,4}\left(\sum_{J'}\frac{\beta^{3,4}\sum\limits_{K'}x_{J'}^{K'}}{\mu^{3,4}+\phi^{3,4}\delta_{JJ'}} \quad \frac{A_{JJ'}}{\sum\limits_{J*}A_{J*J'}} - S_J^{3,4}\right)$$

(3.12)

不同的 J′ 点对服务的需要量是不同的。计算时要把各点的不同需要加起来，另外 J′ 点对服务的需要和提供服务的 J 点与 J′ 点之间距离 $\delta_{JJ'}$ 有关，也和 J′ 点人员多少有关。吸引力 $A_{JJ'}$ 表示 J 点对 J′ 点上企业的吸引力。

$$A_{JJ'} = \left[\frac{1+\sum\limits_{l'}\rho^{l'}S_J^{l'}}{(\mu^{3,4}+\phi^{3,4}\delta_{JJ'})e^{3,4}} \quad \frac{\tau^{3,4}}{\tau^{3,4}+\sum\limits_{K'}x_J^{K'}+\sum\limits_{l'}S_J^{l'}} \right] C_0^{3,4}$$

$e^{3,4}$ 体现了服务的灵活性：不同的服务方式使得一样远的地点之间其花费不同。其它与 A_J 中各量的意义一样。

$$\dot{x}_J^{1,2} = \eta^{1,2}x^{1,2}\left(\sum_{J'}\sum_{l'}\xi^{1,2l'}S_{J'}^{l'} \quad \frac{R_{JJ'}}{\sum\limits_{J*}R_{J*J'}} - x_J^{1,2}\right) \quad (3.13)$$

$\sum\limits_{l'}\xi^{1,2l'}S_{J'}^{l'}$ 表示 J′ 点上所有企业对劳动力的需要。

$$R_{JJ'}=\frac{D^{1,2}}{D^{1,2}+\sum\limits_{K'}x_J^{K'}+\sum\limits_{l'}S_{J'}^{l'}}(1+\sigma^{1,2}x_J^{1,2})e^{-b^{1,2}\delta_{JJ'}}$$

人口之间密切关系参量 $\sigma^{1,2}$ 表示同类人口之间的吸引力，与企业内部的合作性对应；人口拥挤灵敏度 $D^{1,2}$ 反映人口拥挤程度，表达式

$$\frac{D^{1,2}}{D^{1,2}+\sum\limits_{K'}x_J^{K'}+\sum\limits_{l'}S_J^{l'}}$$

表示人口集中的影响。它与企业表达式中

$$\frac{\tau^{1,2}}{\tau^{1,2}+\sum\limits_{K'}x_J^{K'}+\sum\limits_{l'}S_J^{l'}}$$

相对应。

从上面两个例子我们看到，只要充分考虑了各个变量之间的非线性关系，就可以很快列出方程。当然这样的方程能否反映客观实际及方程中参数值的大小则要在计算过程中来不断修正。

四、方程的求解

这样复杂的方程需要根据自组织理论来求解。一般我们关心的是在给定条件下系统演化的具体情况，从对方程历史演化过程的描写得出对系统今后变化的预言。特别要找出参数取何值时，系统朝着我们要求的方向发展。因此没有必要对方程作

全面的分析，只需按照自组织理论，利用稳定性分析、分支点理论等作一些简单的处理，就可以得出结论。即使是对方程作数值求解也只要找出某一初始条件下系统演化的情况。下面仍以给出的两个方程组来分析方程求解的办法，并讨论所得结果。

（一）交通运输问题

为要进行解析分析，尽量简化方程，假定 n 个卫星城情况一样。方程中 $\sum_j \nu y_j = n\nu y_j$ 方程组（3.8）成为

$$\dot{L}_i = \nu y_i + n\nu y_j - KL_i$$

$$\dot{C}_{ij} = \nu y_j - KC_{ij}$$

$$\dot{y}_i = \frac{DL_i}{A_x + L_i} - y_i$$

$$\dot{y}_j = \frac{\mathscr{D}(L_i + C_{ij})}{\alpha + L_i + C_{ij}} - y_j \tag{4.1}$$

因为乘客的人数比公共汽车的数量容易变化，因此，y_i、y_j 可以看成快变量，L_i，C_{ij} 可以看成慢变量。按照 Haken 在协同学原理中提出的原则：在讨论开放系统远离平衡态的临界现象时，其相变主要由慢变量来决定。可以取快变量变化率为零的近似即 $\dot{y}_i = 0$，$\dot{y}_j = 0$，仅讨论公共汽车数量变化的情况。作了非平衡统计的分析，（4.1）方程变为

$$y_i = DL_i/(A_x + L_i)$$

$$y_j = \mathscr{D}(L_i + C_{ij})/(\alpha + L_i + C_{ij}) \tag{4.2}$$

及 $$\dot{L}_i = \frac{\nu DL_i}{A_x + L_i} + \frac{n\nu\mathscr{D}(L_i + C_{ij})}{\alpha + L_i + C_{ij}} - KL$$

$$\dot{C}_{ij} = \frac{\nu\mathscr{D}(L_i + C_{ij})}{\alpha + L_i + C_{ij}} - KC_{ij} \qquad (4.3)$$

(4.3) 方程组有一组定态解 $L_i = 0$，$C_{ij} = 0$ 与此相应 $y_i = 0$ $y_j = 0$，此外还可以有几组非零定态解。这里详细讨论 $L_i = 0$，$C_{ij} = 0$ 定态解的稳定性问题。

按照常规的稳定性分析，取 $L_i = L_i^0 + u = u$ $C_{ij} = C_{ij}^0 + v = v = v$，代入到方程 (4.3) 中得

$$\dot{u} = \left(\frac{\nu D}{A_x} = \frac{n\nu\mathscr{D}}{\alpha} - K\right) u + \frac{n\nu\mathscr{D}}{\alpha} v$$

$$\dot{v} = \frac{\nu\mathscr{D}}{\alpha} u + \left(\frac{\nu\mathscr{D}}{\alpha} - K\right) v \qquad (4.4)$$

令 $A = K - \frac{\nu D}{A_x} - \frac{n\nu\mathscr{D}}{\alpha}$，$B = \frac{\nu\mathscr{D}}{\alpha}$，$F = K - \frac{\nu\mathscr{D}}{\alpha}$

定态解不稳的条件为 $A + F < 0$（更详细的讨论还应考虑 $AF - nB^2$ 的正负，这里暂不考虑）即

$$2K - \frac{\nu D}{A_x} - (n+1)\frac{\nu\mathscr{D}}{\alpha} < 0 \qquad (4.5)$$

得到 n 有一个极小值 $n_c = \dfrac{2K - \frac{\nu D}{A_x} - \frac{\nu\mathscr{D}}{\alpha}}{\nu\mathscr{D}/\alpha}$ (4.6)

当 $n > n_c$ 时系统不稳。

得到 K 有一个极大值 $K_c = \dfrac{\nu}{2}\left[\dfrac{D}{A_x} + (n+1)\dfrac{\mathscr{D}}{\alpha}\right]$ (4.7)

当 $K < K_c$ 时系统不稳。

选择适当的参数值，可以画出图 1、图 2。

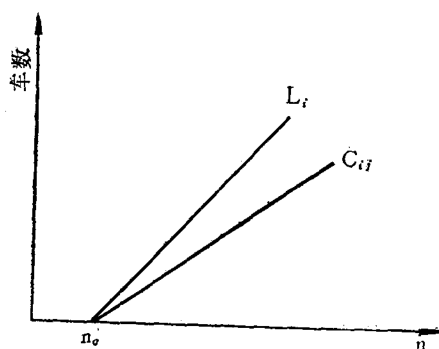


图 10　公共汽车数量稳定值随卫星城数 n 的变化情况

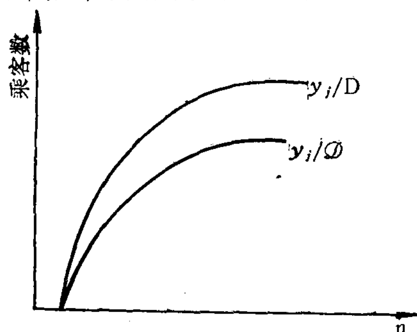


图 11　乘客数的稳定值随卫星城数 n 的变化情况

从图上及（4.6），（4.7）两式中可以看出

i）$n<n_c$，卫星城太少时，系统中的中心城市和卫星城市之间不可能有公共汽车。其间的交通将由其它交通工具所代替如，小汽车，自行车，或专线地铁，专线交通车等。

ii）$n>n_c$，卫星城多于临界值时，不论微扰多么小也将使系统从没有汽车的状态跃迁到一个有公共汽车的稳定态上去。这个态是系统的几个非零定态解中的一个。

iii）$K<K_c$ 时即汽车消耗费用小到某一个数值后，系统也才能从没有汽车的状态转到有汽车的状态。

iv）L_i 随 n 增加的速度比 C_{ij} 随 n 增加的速度要快，这表明我们方程反映的是卫星城之间没有联系的情况。

v）图 2 表明随 n 的增加，乘客增长率逐渐变小，这可以看成乘客之间存在着“社会摩擦”的结果。

（二）人口增长及经济发展问题

对这样一组六个变量的非线性方程组，采用计算机进行数值计算，讨论在给定初始条件和参数值时，各个变量随时间的变化情况，从而分析经济、人口等变量的发展对参数及“历史”的依赖关系。

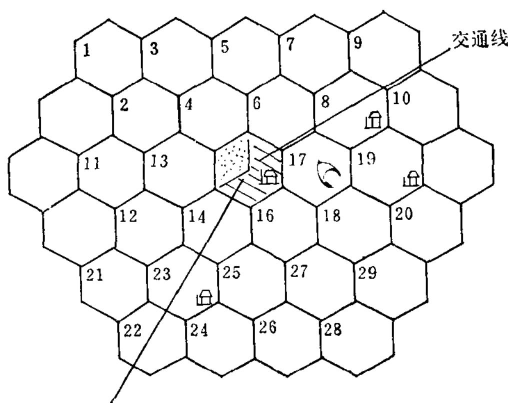


图 12 t=0 时，企业及人口的分布

如图把一地区分成若干六角网格，给定初始状态在 t=0 时各格（下面简称点）内的人口，经济状况如下：15 点（中心）

$S_{15}^1=S_{15}^2=300$, $S_{15}^3=100$, $S_{15}^4=150$, $x_{15}^1=250$, $x_{15}^2=100$

$S_8^1=15$, $S_{19}^1=25$。$S_{23}^1=10$。其它点没有工业；除中心以外，服务和人口分布为，$S_J^3=S_J^4=10$。$x_J^1=x_J^2=10$。对于这样一种开始是中心型城市在一定的参数条件下可以计算它们的演化。结果表明 $t=10$ 时城市仍然是中心型的。由于生产的发展，工人比例增加，而管理人员对工业依赖不大，容易自由流动，因此向中心周围移动。$t=20$ 时，工业中心发生转移，转移到交通方便有一些工业基础的 23 点，23 点工人的数量也增加很快，这说明原来的 $t=0$ 时的分布在给定的参数条件下是一种不稳定的分布。具体参见图 4、图 5。

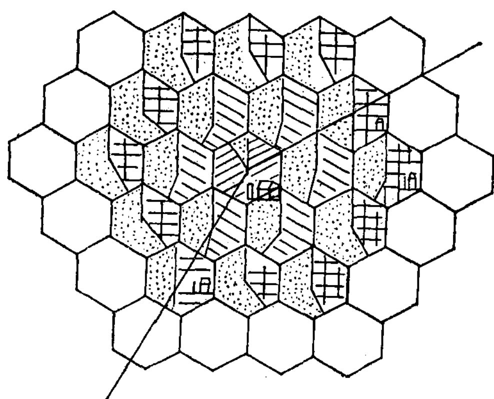


图 13 t=10 时，系统的企业和人口的分布

以后整个地区的工业结构，人口比例不再发生变化，这表明系统到达了一个稳定状态。从图上还可看到商业服务业随着工业中心的转移而从原来的中心转到 23 点，大的专业性服务例如学校等的分布并没有发生多大变化。

在上述参数条件下，得到的工业、人口演化的结果，相当一个卫星城建立的过程及所具有的特点。它告诉我们，1. 交通运输方便，原来有一定基础的地方容易形成新的工业中心。2. 工人将随着企业中心的转移而转移，管理人员一般居住在工业中心周围的地区，不易随着工业中心的转移而转移。3. 商业服务业随着工业的转移容易转移到卫星城去，专门的服务如学校则不易发生变动。这些结果对如何建立卫星城市是有一定意义的。

参数值不同时，系统定态解的稳定性将发生改变，从同一个初始态出发系统的演化也将发生改变。通过计算可以找出参数与演化过程改变之间的关系。例如我们减少工业之间协作性

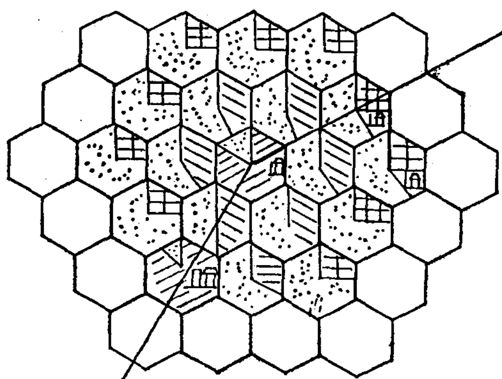


图 14　t=20 时系统的企业和人口的分布

参数 ρ 的取值，从 $\rho=0.0015$，改成 $\rho=0.001$ 计算表明工业中心将不发生转移，工人也大多集中在原来地点，管理人员仍是居住在离中心有一段距离的地方。可以认为在这样的参数条件下，前面初始条件给定的状态是个稳定的状态。而对于

$\rho=0.0015$ 参数条件不是一个稳定状态，要发生工业中心转移。若进一步减少企业之间协作，$\rho=0.0007$，上述情况更加明显。同时商业服务开始分散，连专门的服务也有分散，这可以看成是中心城市的膨胀。具体如图 6 图 7 所示

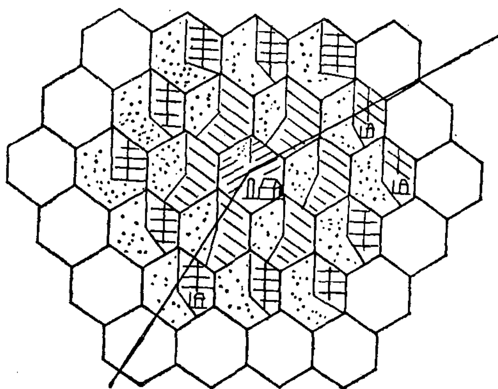


图 15 $\rho=0.001$ 参数下，系统企业、人口的稳定分布

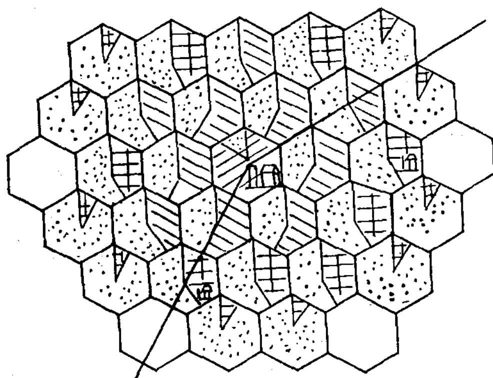


图 16 $\rho=0.0007$ 参数下，系统企业、人口的稳定分布

（注：房屋：工业，点：干部，斜线：工人）

利用数值计算求出系统的定态解及向定态解的具体演化过程，在实际应用中有很大的意义，我们可以把每一种演化过程当成一个“假想实验”为达到预期目的，可从各种“假想实验”中选择所需要的过程利用参数加以控制。

小　结

社会经济问题是很多人关心的一个问题。可以从不同的角度出发来讨论研究，我们是把社会经济问题作为一个开放系统，利用非平衡统计中的自组织理论来进行研究讨论的。因此我们着重研究的是系统随时间演化出现新的稳定结构的条件，这些不同的结构怎样依赖着参数的不同取值，而不讨论其它问题。我们应用自组织理论来讨论社会经济问题不仅表现在所讨论问题的内容上，而且表现在我们建立系统的运动方程和求解运动方程上，把系统状态的变量之间相互关系作为建立方程的基础。其它因素全作为外界环境。它们对变量的影响是通过流来实现的。恒定的流表现为方程中的一些参数。在求解方程时，也是应用自组织理论所采用的非线性数学等一些数学工具，同时应用自组织理论的物理概念象快、慢变量等来简化问题。

目前这方面的工作还刚刚开始，虽然取得了一定的进展，但在很多方面还不成熟，一些问题还没有解决，大量工作有待于展开，特别是对于我们这样一个人口众多的社会主义国家如何利用自组织理论进行具体研究，还有待摸索。

[注]：在本文写作过程中与方福康进行了有益的讨论。并参考了比利时 E·M·Allen 等人的工作。

参 考 文 献:

[1] G. Nicolis. I. Prigogine. Self-Organization in Nonequilibrium Systems. 1977.

[2] H. Haken. Synergetics-An Introduction. 1977.

[3] I. Prigogine, P. M. Allen. R. Herman. A contribution to the 3rd Generation Report to the Club of Rome: Goals for a Global Society.

[4] J. L. Deneubourg. A. De. Palma. Prepared for the Department of Transportation. USA under the Contract TSC-1640 Report Number 3/1640

[5] P. M. Allen, M. Sanglier, F. Boon, Prepared for the Department of Transportation. USAundre tne Contract TSC-1640 Report Number 4/1640

[6] P. M. Allen. M. Sanglier, J. Social Bioi. Struct. I (1978) 265-280

经济综合规划中的动态投入产出分析

夏绍玮　赵纯均

前　　言

利用系统工程的理论和方法，分析经济系统的问题，并据此进行国民经济的规划和预测，是当前系统科学的一个重要方向。建立经济系统的动态模型，又是对经济系统进行系统分析和决策的基础。

国民经济是个结构复杂、影响因素众多、各部门间相互关联的大系统。本文仅以动态投入产出为中心，分析部门间综合平衡发展的决策模型及其与各种外部因素的关系。

图 17 是经济系统的各有关部分联结关系的一种简化方块图，从该图可以看出，该系统有以下几个特点：1. 要考虑动态投入产出模型参数和变量的时间序列关系，并将投资部分也作为内生变量来分析，因而关系复杂。2. 系统的最优解要受人为和自然条件等随机因素的制约，例如政策变化，决策人的意图变化，气候条件、自然资源条件的改变等，这些因素经变换后可作为变量或约束条件引入模型。3. 为建立时间序列的投入系数矩阵和投资系数矩阵，要收集较多的数据，工作量比较大，即使采用比较简单的投资效果对角阵，应用起来也有局限性，而且，其数据也常常来源于投资系数矩阵。而我国由于过去统计数据不全，要得到一个完整的投资系数矩阵，还要作许

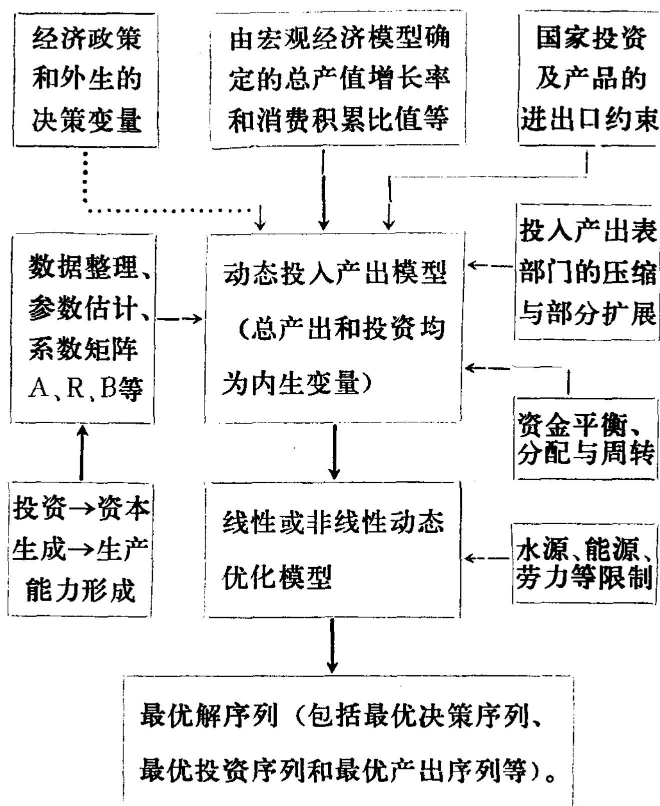


图 17

多数据收集和统计的工作。

但是，要制定好一个符合实际而又综合平衡的中、长期国民经济规划，就必须从基础工作做起。必要的基本数据，就应收集和建立起来，逐渐地摸索规律，形成一个能够长期使用的数据库。这样的历史资料，对开展有效的定量分析和规划研究，是必不可少的。

近几年，虽然动态投入产出的研究工作已引起不少人的注意，但是，结合我国实际情况，还有许多问题需要研究。如有不同延滞产出期的投资分配问题，内涵性扩大再生产和外延性扩大再生产的区别和关系问题，一次性投资和多次性投资模型形式的不同问题等等。本文拟探讨如何建立适合我国国情的动态投入产出模型，并试将这种模型用于解决一个区域的规划问题。

一、投入产出动态平衡关系式、积累与消费、投资与扩大再生产

投入产出的基本关系式为：

$$X_t = A_t X_t + Y_t \tag{1}$$

其中

X_t 为 t 年的国内生产量，它是 $n \times 1$ 向量。

A_t 为 t 年的投入系数矩阵，它是 $n \times n$ 矩阵。

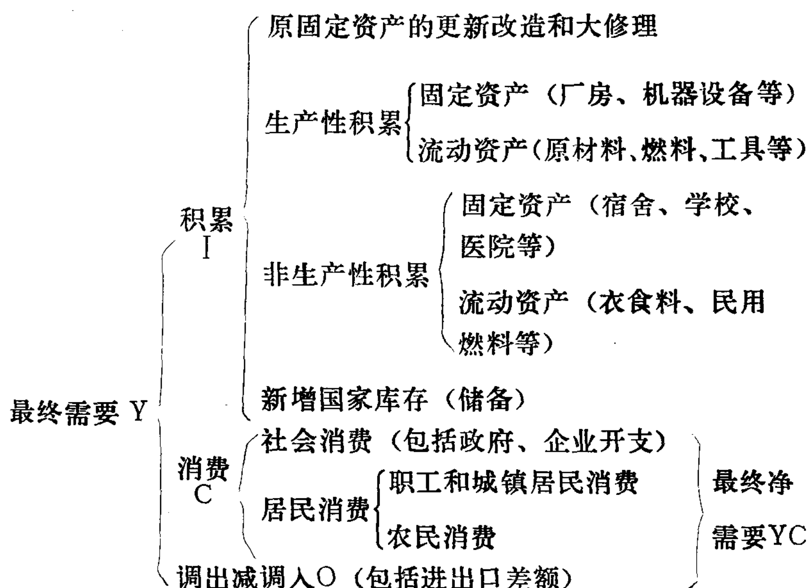
Y_t 为 t 年的最终需要向量，也是 $n \times 1$ 向量。

在（1）式中，中间投入 $A_t X_t$ 不仅包括当年所需的原材料、能源和动力、运输和服务业等的投入，还可包含各部门维持当年简单再生产所需的固定资产年折旧金和各生产单位经常维修所用的低值易耗品的投入。

最终需要除包括政府和居民的消费外，还包括为扩大再生产所需的积累和进口等。对一个地区来讲，还包括向中央上调部分和中央向下拨入部分（冠以负值），以及与其他兄弟省市间的调入调出部分。

静态投入产出表达式主要说明当年生产和分配的部门间平

衡关系①②，而动态投入产出关系式却比较全面地分析了作为积累的投资和扩大再生产的关系，下面我们用表格来说明最终需要的构成。



设第 t 年最终需要为 Y_t，最终净需要为 YC_t，于是有：

---

① 夏绍玮
投入产出方法在进出口量较大的国家或地区的应用模型和投入系数的分析　　1982 年 2 月
第一次全国数量经济学会论文

② 夏绍玮
An Application of the Optimization Technique in Economic Structure and Energy Use System　　1981 年 8 月
野村综合研究所研究报告

$$Y_t = I_t + C_t + O_t = I_t + YC_t \quad (2)$$

从该表可看出，如果积累和调出量太大，必然会影响当年人们的消费水平。但是，如果积累太低，从动态平衡的角度看，生产增长会减慢，最终也会影响以后若干年消费水平的提高速度。归根结底，是要逐步提高人们的生活水平，又要保证国民经济有一定的发展速度。

二、两种类型的扩大再生产

马克思关于扩大再生产问题有过这样的论述："如果生产场所扩大了，就是在外延上扩大；如果生产资料效率提高了，就是在内涵上扩大。"

因此，我们将生产的增长归为两类，一是现有企业进行挖潜、革新和改造（简称挖、革、改），其主要手段是通过对现有固定资产的设备更新和改造，加强管理，来提高生产的技术水平和效率，从而可以生产出更多更好的产品，所以这一类增加生产的办法是属于内涵性扩大再生产。

内涵性扩大再生产基本不增加固定资产，或在原有部门内进行局部改建，只增加部分设备，不增加厂房，或者说只需少量增加固定资产就可提高生产水平。从投资构成看，除少部分用于固定资产外，相当大部分应该用于增加生产性流动资产的积累和提高技术与管理水平，以保证能充分合理地利用和改造已有设备。因此，这类增产的办法所需投资少，增产的延滞期 τ 也较短，对我国当前来讲，是提高经济效益的一个重要途径。

外延性扩大再生产主要是通过建设新项目，其投资往往比"挖、革、改"要多，投资的增产延滞期也较长。当然，不同部门和不同规模的项目，延滞期可有较大差别。

在我们制定中长期规划时，仅靠内涵性扩大再生产的办法是有很大局限性的，必须考虑新建项目的投资，特别是对大型建设项目，由于延滞期长，更要根据需要及早安排。所以，为了把长远和当前结合好，就必须恰当地制定每个时期这两类扩大再生产的投资比例和部门构成，使之相辅相成，以达到预期的稳定增产的效果。

三、一次性投资和多次性投资

在分析投资和增产的关系时，如何处理产出的时滞效应，是个复杂的问题。目前已发表的文献中，实用的方法介绍得还比较少。

列昂节夫在 1970 年发表的动态模型①中，有一个重要的假设，即“在第 t 年生产的各种投资产品都在下一年（即 $t+1$ 年）安装使用，并使之增产”。这与许多实际的投资延滞产出情况不符，该文作者在文中也没有进一步阐明这个问题。

奥斯卡、兰格在 1978 年出版的《经济计量学导论》一书②中，分析了延滞期为 S 年（$S\geqslant1$）的投资效果，并分析了一个发展国民经济的 k 年计划，讨论了这 k 年中的投资时间和投资部门分配与年度增产的关系。近几年，我国科学工作

---

① Wassily Leontief.
Essays in Economics Vol. 2
Theories, Facts, and Policies,
While Plains, New York, 1977.

② 奥斯卡、兰格：经济计量学导论
袁镇岳、林克明译，黄良文校订 1978 年

者在研究国民经济综合平衡和能源经济系统问题中，也发表了一些文章①②，分析了投入系数变化与增产的关系以及不同延滞情况下的动态投入产出模型，这些都有利于我国使用动态投入产出方法制定多年规划。

但是，以上这些模型都是在另一个重要的假定条件下进行建模和分析的，即各个增产项目都是一次性投资，各部门的增产也都是若干不同延滞期的一次性投资项目建成的结果。

实际上，许多工程项目是多次性投资建成的。一般讲，其初次投资常用于盖厂房等基本建设方面，中期投资主要用于购置机器设备，接近投产前，投资主要用于试车，备料和扫尾工程等。这些投资不可能在开工年一次拨下来，可见用多次性投资模式进行动态分析，更为合理。一个部门可以有若干个不同延滞期的一次性投资，但与一个项目为多次性投资是不同的概念，两者含意不同。一次性投资和多次性投资的数学表达式也不同③，不能混淆。

多次性投资比较符合我国新建项目投资的实际情况，也是计划部门制订年度计划的基础，数学表达式虽较复杂，但其基本环节仍是一次性投资。本文将着重讨论具有不同时滞效应的

---

① 皮声浩
关于部门联系平衡（投入产出）动态模型的研究
中国人民大学统计系计划专业硕士学位论文　1981 年 9 月

② 孙永广、李子奈
一种动态投入产出模型
能源系统工程论文集　1981 年　国家能源模型学术讨论文汇编

③ 夏绍玮　赵纯均
动态投入产出的一次性投资与多次性投资　1982 年 11 月
第一次全国社会经济系统工程会议论文

一次性投资模型，关于多次性投资的数学模型请参阅上页文献③。

四、生产能力和生产量，投入系数和投资系数

由（1）式，我们有

$$x_{it}=\sum_{j=1}^{n}x_{ijt}+Y_{it}\quad (i=1,2,\cdots,\ n) \tag{3}$$

其中：

x_{it} 为 t 年 i 部门的生产量

x_{ijt}为 t 年 i 部门向 j 部门投入的中间需要量

生产能力包括生产资料和劳力等，生产资料又包含固定资产拥有量和流动资产库存量等，在设备利用率充分的情况下，x_{it} 反映了 i 部门的生产能力和固定资产拥有状况，x_{ijt} 还反映了 j 部门的生产能力。但是，在开工率不足的情况下，x_{it} 和 x_{ijt} 均小于有关部门生产资料等所反映的生产能力。

根据投入系数的定义，有

$$a_{ijt}=x_{ijt}/x_{jt} \tag{4}$$

投入系数 a_{ijt} 仅反映 t 年 i 部门向 j 部门中间投入的单耗水平。因此能表示有关部门设备的先进程度和生产的技术管理水平。

由（3）式可以看出，提高生产量 x_{it} 和降低中间消耗量 $\sum_{j}x_{ijt}$ 都有利于提高最终产品 Y_{it} 的数量。但如果 a_{ijt} 不变，扩大生产时中间消耗也会跟着增加，要降低中间消耗量就必须设法减小投入系数 a_{ijt} 的值。这就要求采用新技术，新工艺或加强管理，以提高经济效益。当然，新建技术水平较高的项目投产后也有利于降低部门间投入系数。

我们可以将降低投入系数的有关投资统称为设备更新投资，或简称更新投资，其延滞期一般不长。为了简化模型，本文中仅分析更新投资当年见效和延滞一年生效这两部分，但这种分析方法也可推广到有多年延滞的更新投资。

仍以 a_{ijt} 表示 t 年的投入系数，则有

$$a_{ijt+1} = a_{ijt} + \triangle a_{ijt1} + \triangle a_{ij(t+1)0} \tag{5}$$

其中

$\triangle a_{ijt1}$ 表示 t 年投资延滞一年生效的投入系数变化值，一般为负数。

$\triangle a_{ij(t+1)0}$ 表示 t+1 年投资当年见效的投入系数变化值。

下面分析设备更新投资与投入系数变化的数学关系式。

令 $IR_{ijt\tau}$ 表示 t 年投资延滞 τ 年见效的 i 部门向 j 部门投入的设备更新投资构成，用以降低 j 部门生产过程所消耗的各种投入量。以 j 为电力部门为例，更新投资的实物构成 i 可包括机器、设备、仪表等，降低的中间投入量可能是发电所耗的煤，水等量，后者是被节约对象的产品部门 k。

由此可见，$IR_{ijt\tau}$ 就是为在 $t+\tau$ 年降低 j 部门生产过程 k 种产品中间投入量所需 i 部门 t 年的投资额，各 j 部门对 i 部门要求的投资总量为

$$IR_{it\tau} = \sum_{j=1}^{n} IR_{ijt\tau} \tag{6}$$

由于有了更新投资，可使 k 种产品对 j 部门的中间投入系数变化 $\triangle a_{kjt\tau}$，于是可得 k 部门向各 j 部门中间投入量的节约总量为：

$$\triangle X_{kt\tau} = \sum_{j=1}^{n} \triangle a_{kjt\tau} X_{jt+\tau} \tag{7}$$

一般来讲，设备更新的投资实物构成常常与被节约的对象有密切关系。例如钢铁和发电这两个不同的生产部门 j，为节煤而改造锅炉所采取的技术投资构成大体相同，而电厂本身节煤和节水的投资构成却很不一样。这样，我们就可根据节约对象的投资构成需要，引入更新投资系数 $R_{ikt\tau}$，于是有：

$$IR_{it\tau}=\sum_{k=1}^{n}R_{ikt\tau}\triangle X_{kt\tau}$$

$$=\sum_{k=1}^{n}R_{ikt\tau}\sum_{j=1}^{n}\triangle a_{kjt\tau}X_{jt+\tau} \qquad (8)$$

式中：

$R_{ikt\tau}$ 为更新投资系数，表示为在 $t+\tau$ 年降低 k 种产品单位中间投入量，需在 t 年由 i 部门提供的更新投资实物构成量。

(8) 式的矩阵形式为：

$$IR_{t\tau}=R_{t\tau}\triangle X_{t\tau}$$

$$=R_{t\tau}\triangle A_{t\tau}X_{t+\tau} \qquad (9)$$

其中：

$R_{t\tau}$ 和 $\triangle A_{t\tau}$ 均为 $n\times n$ 阵

$IR_{t\tau}$ $\triangle X_{t\tau}$ 和 $X_{t+\tau}$ 均为 $n\times 1$ 向量

如 τ 仅考虑等于 0 和 1，则有

$$\sum_{\tau=0}^{1}IR_{t\tau}=R_{t0}\triangle A_{t0}X_t+R_{t1}\triangle A_{t1}X_{t+1} \qquad (10)$$

以上重点分析了更新系数矩阵 R，设备更新改造显然属于内涵性扩大再生产。当然，如果原来开工不足，通过挖潜提高设备利用率，也属于内涵性扩大再生产，其投资数可能很

少，投资式也不同于（9）式。

下面分析以外延扩大再生产为主的投资系数 B 阵。

设 $IB_{it\tau}$ 为 t 年投资延滞 τ 年增产的部门间投资额，是 i 部门向各 j 部门投资的实物构成之和，据此定义，可有下式：

$$IB_{it\tau}=\sum_{j=1}^{n}B_{ijt\tau}\triangle X_{jt\tau} \qquad (11)$$

其中：

$\triangle X_{jt\tau}$ 为 j 部门 t 年得到投资，延滞 τ 年产出生效的增产额

$B_{ijt\tau}$ 为投资系数，它反映在 $t+\tau$ 年 j 部门增加单位产值，需要在 t 年由 i 部门向 j 部门投入的投资产品额。

至此，我们有三类系数矩阵，即 A 阵、R 阵和 B 阵。其中，A 阵除反映了日常生产所需投入的产品和服务业外，因为还包括固定资产当年损耗和以补偿折旧形式反映的投入，故可统称为生产消耗的投入系数。R 阵反映了要改变 A阵的元素值所需的投资系数矩阵，也就是为改变生产过程固定资产和流动资产等的单产消耗所需的投资系数阵。而 B 阵却反映了资本货物的占用系数，它同样也包含了固定资产的占用系数和流动资产的占用系数。显然，投资系数 B 阵与消耗系数 A 阵的含意不同。为增加生产，不但要多消耗当年的中间投入量，还要增加生产过程必须占用的资本货物拥有量。

B 阵的 j 列向量反映了 j 部门单产的资本货物占有结构，例如厂房、设备、动力、原材料等。其中主要是固定资产，在开工足的情况下，可用下式计算 B 阵元素的近似值。

$$B_{ijt\tau}=\frac{t+\tau\text{ 年 j 部门生产占用的 i 部门资本货物量}}{t+\tau\text{ 年 j 部门的总产出量}} \qquad (12)$$

于是，可根据历史上固定资产和流动资产的统计平衡表，推算出 B 阵。资本货物占用系数 B 阵与生产资料消耗系数 A 阵还有以下关系：

$$B_{ij}=a_{ij}T_{ij} \tag{13}$$

上式中，T_{ij} 为 i 部门提供给 j 部门使用的生产资料的使用周转期或耐用期。如机床设备、其周转期可达十年以上，故有关 B 阵的元素比 A 阵元素要大许多。而对原材料等流动资产来讲，周转期就比较短，如发电厂用煤可 3、4 个月周转一次，即按季度进煤，食品部门甚至可按月进料，相应的 B_{ij} 也分别要比 a_{ij} 小 3—4倍或十几倍。

随着技术的进步、A_t、$R_{t\tau}$、$B_{t\tau}$ 都是时变系数矩阵，根据历史统计资料，可用递推和回归方法得出这些阵的变化发展趋势。对 $R_{t\tau}$ 和 $B_{t\tau}$ 来讲，不仅与 t 有关，而且与延滞期 τ 有关。例如 $B_{t\tau}$ 阵的某一 j 列向量为 $B_{jt\tau}$，它说明了 j 部门的资本货物（生产资料）结构，也表示 t 年投资在 $t+\tau$ 年形成生产能力的那部分资本货物的实物构成。而且即使同一部门 j，对应不同延滞产出的投资，增加单位产值的新增资本货物也不会相同，即 $B_{jt\tau}$ 不仅是时变的，而且是随新建项目的规模不同而不同。

为此，我们可选大型企业的固定资产统计表来估算延滞期τ较长的 B 阵，而选小型企业的固定资产统计表来估算延滞期τ较短的 B 阵，或选出几种有代表性的不同规模企业，来估算一组系数矩阵 $B_{jt\tau}$。在统计数据实在有困难时，也可用平均的 B_{jt} 来表示不同延滞的系数，甚至可不考虑系数的时变，仅用 B_j 来近似表示 j 部门各个时期，各种延滞时期的投资系数向量，经过适当修正，可用以进行中长期规划。

对于前述多次性投资来讲，每次的投资矩阵都应反映该次投资所需的实物构成。以部门 j 的某项工程为例，如果是 t 年开始投资，整个工程项目到 $t+\tau$ 年建成投产，则第一次投资的系数矩阵下标应是 t、τ，可认为其投资的实物构成主要是建筑部门。若隔 α 年进行第二次投资，其投资系数下标为 $t+\alpha$、$\tau-\alpha$，其投资的实物构成主要是机械制品。再隔 δ 年，进行第三次投资，相应的下标是 $t+\alpha+\delta$、$\tau-\alpha-\delta$，其投资的实物构成主要是原材料和动力等。这样构成的投资模式如图 18 所示。

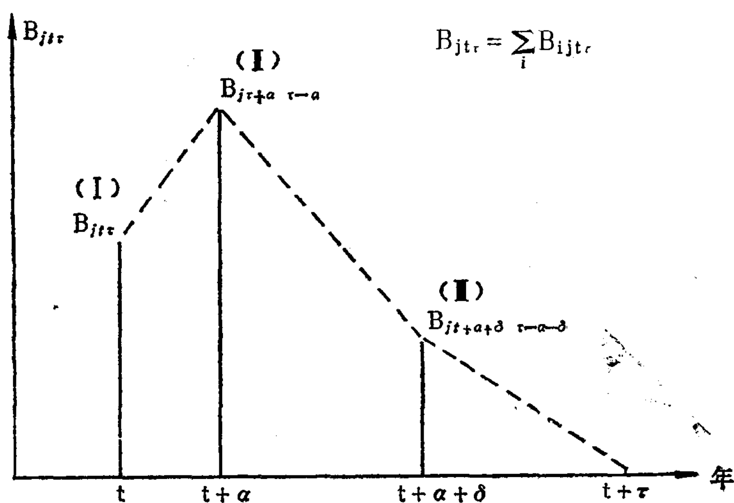


图 18

如果以 $\overset{\triangle}{B}_{jt\tau}$ 表示该工程对应的一次性投资向量，则它与上述的多次性投资分向量有以下关系：

$$\overset{\triangle}{B}_{jt\tau}=B^{(I)}_{jt\tau}+B^{(II)}_{jt+\tau\ t-\alpha}+B^{(III)}_{jt+\alpha+\delta\ \tau-\alpha-\delta} \tag{14}$$

当然，实际的各次投资的实物构成，并不一定像以上所讲的那样截然分开，有时在建筑施工阶段，就已着手进行部分机械设备的购置，机械安装阶段已开始生产备料等，这就是为缩短工期而使三个阶段的工程互相渗透。

更一般地讲，可将多次性投资看成是逐年的投资，若其中有些年份没有投资，则可为零值向量。于是，多次性投资的一般性表达式为

$$\overset{\triangle}{B}_{jt\tau} = B_{jt\tau}^{(I)} + B_{jt+1\ \tau-1}^{(II)} + \cdots - + B_{jt+\tau-1\ 1}^{(\tau)} \tag{15}$$

对各部门来讲，可构成多次性投资矩阵，与相应的一次性投资 $\overset{\triangle}{B}_{t\tau}$ 的关系为：

$$\overset{\triangle}{B}_{t\tau} = B_{t\tau}^{(I)} + B_{t+1\ \tau-1}^{(II)} + \cdots + B_{t+\tau-1\ 1}^{(\tau)} \tag{16}$$

对于设备更新投资矩阵 $R_{t\tau}$ 而言，同样可分为一次性投资和多次性投资。但是，由于设备更新的延滞期 τ 较短，投资额也相对较少，因而，实际上可按一次性投资处理。

通过以上分析可以看出，生产的增长与投资有密切的关系，前几年的投资数量对后几年的消费和积累的增长都有很大影响，但投资又来源于历年的积累。因此可以说，生长的增长是为了满足人们不断增长的消费需要，而生产的增长又依赖于过去几年积累部分的大小。积累率太高，会影响人们近期生活水平的提高和输出的需要，甚至会破坏国民经济的综合平衡，最终也达不到提高生产和改善生活的目的。积累率太低，又会影响扩大再生产的速度。因此，正确处理积累和消费的关系是个重要问题。用动态投入产出方法，可以找出保证消费不断增长情况下历年所应有的国内生产额，从而得出各年的积累投资额。而要找到最优的积累率或最优的投资效果，还需用到最优化技术。

五、具有不同延滞产出期的一次性投资动态投入产出方程式

动态投入产出模型与静态投入产出模型的一个重要区别，在于将最终需要中的投资部分，也作为内生变量来处理，而且引入了与投资分配有关的决策变量。投资和增产的基本关系式是：

$$X_t = A_t X_t + I_t + YC_t \tag{17}$$

于是有：

$$I_t = \sum_{\tau=0}^{1} IR_{t\tau} + \sum_{\tau=1}^{K} IB_{t\tau} \tag{18}$$

且：

$$\sum_{\tau=0}^{1} IR_{t\tau} = \sum_{\tau=0}^{1} R_{t\tau} \triangle A_{t\tau} X_{t+\tau} \tag{19}$$

$$\sum_{\tau=1}^{K} IB_{t\tau} = \sum_{\tau=1}^{K} B_{t\tau} \triangle X_{t\tau} \tag{20}$$

然而，对某一个 $t+\tau$ 年来讲，$\triangle X_{t\tau}$ 只是该年增产量的一部分，因为 $t+\tau$ 年的生产增长量是由该年以前若干个投资项目建成投资的结果，(20)式中的 K 为最长延滞期。

令 $t+\tau$ 年的总产量增加 $\triangle_K X_{t+\tau}$，则有

$$\triangle X_{t\tau} = \gamma_{t\tau} \triangle_K X_{t+\tau} \tag{21}$$

其中，$\gamma_{t\tau}$ 为决策系数矩阵，它表示 t 年的投资项目在 $t+\tau$ 年增产的数量，在该年总增产额中所占的份额，这是与规划者的决策有关的系数或变量。

我们以 X_t 作为系统的状态变量，因而有：

$$\triangle_K X_{t+\tau} = X_{t+\tau} - X_{t+\tau-1} \tag{22}$$

于是：

$$\triangle_K X_{t+\tau} = \triangle X_{t+\tau-K\ K} + \triangle X_{t+\tau-K+1\ K-1} + \cdots + \triangle X_{t+\tau-1\ 1}$$

$$= \sum_{s=1}^{K} \triangle X_{t+\tau-s\ s} \tag{23}$$

可见决策变量满足以下关系：

$$\begin{cases} \gamma_{j\ t+\tau-s\ s} = \triangle X_{j\ t+\tau-s\ s} / \triangle_K X_{j\ t+\tau} \\ \sum_{s=1}^{K} \gamma_{j\ t+\tau-s\ s} = 1 \end{cases} \tag{24}$$

用矩阵表示：

$$\gamma_{t+\tau-s\ s} = \begin{pmatrix} \gamma_{1\,t+\tau-s\ s} & & 0 \\ & \gamma_{2\ t+\tau-s\ s} & \\ 0 & & \ddots \\ & & & \gamma_{n\ t+\tau-s\ s} \end{pmatrix} \tag{25}$$

（25）式中当 $s=\tau$ 时，就是（21）式中的 $\gamma_{t\tau}$。在制订规划时，就要作出一系列的决策，确定各个 $\gamma_{t\tau}$ 值，以便取得较好的投资效果。

为简化分析，仍取设备更新投资的最长延滞期为一年，于是有：

$$\sum_{\tau=0}^{1} IR_{t\tau} = IR_{t0} + IR_{t1} \tag{26}$$

代入（17）式可得：

$$X_t = (A_t + R_{t0}\triangle A_{t0}) X_t + R_{t1}\triangle A_{t1} X_{t+1}$$

$$+ \sum_{\tau=1}^{K} B_{t\tau} \triangle X_{t\tau} + YC_t \tag{27}$$

再将（20）（21）式代入（27）式，可得：

$$X_t=(A_t+R_{t0}\triangle A_{t0})X_t+R_{t1}\triangle A_{t1}X_t+B_{t1}\gamma_{t1}X_t$$

$$+\sum_{\tau=1}^{K-1}(B_{t\tau}\gamma_{t\tau}-B_{t\,\tau+1}\gamma_{t\,\tau+1})X_{t+\tau}+YC_t \qquad (28)$$

令：

$$G_t=I-A_t-R_{t0}\triangle A_{t0}+B_{t1}\gamma_{t1} \qquad (29)$$

$$H_{t\tau}=R_{t\tau}\triangle A_{t\tau}+B_{t\tau}\gamma_{t\tau}-B_{t\,\tau+1}\gamma_{t\,\tau+1} \qquad (30)$$

$$(\tau=1,2,\cdots,k)$$

其中：

$B_{t\,\tau+1}=0$（当 $\tau=k$）；

$R_{t\tau}=0$（当 $\tau=2,3,\cdots k$）

于是可得一次性投资的基本递推关系式为：

$$G_tX_t-\sum_{\tau=1}^{K}H_{t\tau}X_{t+\tau}=YC_t \qquad (31)$$

以规划期的基年为 $t=0$，则上式适用于规划期的 T 年及规划前期的 K 年，K 即投资的最长延滞产出期。

对于 $t=T+1$ 年到 $T+K$ 年，即规划期以后的 K 年，仅需分析在此以前投资的效果，不必再将这段时期的投资仍作为内生变量来处理。为了使动态投入产出规划期 T 年的投资效果充分反映出来，并使动态投入系数的时序矩阵形成方阵，以便求其逆阵，可以在规划期以后的 K 年中，用下式表示其动态投入产出关系：

$$(I-A_t)X_t=Y_t \qquad (32)$$

令：

$$\mathring{A}_{tt}=\begin{cases} I-G_t=A_t+R_{t0}\triangle A_{t0}-B_{t1}\gamma_{t1} \\ (t=-k+1,\ -k+2,\cdots,T) \\ A_t(t=T+1,\ T+2,\cdots,T+k) \end{cases} \tag{33}$$

$$\mathring{A}_{t\ t+\tau}=\begin{cases} H_{t\tau}\ (t=-k+1,\ -k+2,\cdots,T) \\ 0\ (t=T+1,\ T+2,\cdots,T+k) \end{cases} \tag{34}$$

于是可得：

$$(I-\mathring{A})\mathring{X}=\mathring{Y} \tag{35}$$

其中：

$$\mathring{X}=(X_{-K+1}X_{-K+2}\cdots X_0\ X_1\cdots X_{T+K})^T \tag{36}$$

$$\mathring{Y}=(YC_{-K+1}YC_{-K+2}\cdots YC_0\ YC_1\cdots Y_{T+K})^T \tag{37}$$

(35) 式的矩阵可列写如下：

$$\begin{pmatrix} G_{-K+1}-H_{-K+1\ 1}\cdots-H_{-K+1\ K} & & & & & & & \\ & G_{-K+2}-H_{-K+2\ 1}\cdots-H_{-K+2\ K} & & & & & 0 & \\ & & \ddots\ G_0-H_{0\ 1}-H_{0\ 2}\cdots-H_{0\ K} & & & & & \\ & & & G_1-H_{11}\ \cdots\cdots\ -H_{1\ K} & & & & \\ & & & & \ddots\ G_T-H_{T\ 1}-H_{T\ 2}\cdots-H_{T\ K} & & & \\ & 0 & & & & I-A_{T+1}\ 0\cdots\cdots 0 & & \\ & & & & & & I-A_{T+2}\ 0\cdots 0 & \\ & & & & & & & \ddots\ I-A_{T+K} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_{-K+1} \\ X_{-K+2} \\ \vdots \\ X_0 \\ X_1 \\ \vdots \\ X_T \\ X_{T+1} \\ X_{T+2} \\ \vdots \\ X_{T+K} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} YC_{-K+1} \\ YC_{-K+2} \\ \vdots \\ YC_0 \\ YC_1 \\ \vdots \\ YC_T \\ Y_{T+1} \\ Y_{T+2} \\ \vdots \\ Y_{T+K} \end{pmatrix} \tag{38}$$

(35) 式中的 $\mathring{A}$ 阵中的每个元素 $\mathring{A}_{t\ t+\tau}$ 和 $\mathring{A}_{tt}$ 均为 $n\times n$ 方阵，$\mathring{X}$ 和 $\mathring{Y}$ 向量的每一个元素 $\mathring{X}_t$ 及 $\mathring{Y}_t$ 也都是 $n\times 1$ 向量。所以 $\mathring{A}$ 是 $(T+2K)n\times(T+2K)n$ 维方阵。

(35) 式的逆阵形式为：

$$\mathring{X}=(I-\mathring{A})^{-1}\mathring{Y}=\mathring{B}\mathring{Y} \tag{39}$$

由于 $(I-\mathring{A})$ 是一个上三角形矩阵，故其逆阵 $\mathring{B}$ 也是一个上三角形矩阵，$\mathring{B}$ 的元素为：

$$\mathring{B}_{tt}=\begin{cases} G_t^{-1} & (t=-k+1,\ -k+2,\cdots,T) \\ (I-A_t)^{-1} & (t=T+1,\ T+2,\cdots,T+k) \end{cases} \tag{40}$$

$$\mathring{B}_{t\ t+p}=\begin{cases} G_t^{-1}\left(\sum_{\tau=1}^{p} H_{t\tau}\mathring{B}_{t+\tau\ t+p}\right) \\ (t=-k+1,-k+2,\cdots,T;p=1,2,\cdots,T+2k-1, \\ \quad 且\ t+p\leqslant T+k) \\ 0\ \ (t=T+1,\ T+2,\cdots,T+k;\ \ p=1,2,\cdots,k-1, \\ \quad 且\ t+p\leqslant T+k) \end{cases} \tag{41}$$

为简化表达式，可令：

$$Q_{t\tau}=G_t^{-1}H_{t\tau} \tag{42}$$

于是有：

$$\mathring{B}_{t\ t+1}=Q_{t1}G_{t+1}^{-1} \tag{43}$$

$$\mathring{B}_{t\ t+2}=(Q_{t1}Q_{t+1\ 1}+Q_{t2})G_{t+2}^{-1} \tag{44}$$

$$\mathring{B}_{t\ t+3}=(Q_{t1}Q_{t+1\ 1}Q_{t+2\ 1}+Q_{t1}Q_{t+1\ 2}+Q_{t2}Q_{t+2\ 1}+Q_{t3})\ G_{t+3}^{-1} \tag{45}$$

$$\overset{\circ}{B}_{t\ t+4}=[Q_{t1}(Q_{t+1\ 1}Q_{t+2\ 1}Q_{t+3\ 1}+Q_{t+1\ 2}Q_{t+2\ 1}$$
$$+Q_{t+1\ 1}Q_{t+2\ 2}+Q_{t+1\ 3})$$
$$+Q_{t2}(Q_{t+2\ 1}Q_{t+3\ 1}+Q_{t+2\ 2})$$
$$+Q_{t3}Q_{t+3\ 1}+Q_{t4}\ ]G_{t+4}^{-1} \tag{46}$$

余类推，逆阵 $\overset{\circ}{B}$ 的元素反映了投资作用的连锁效果，$\overset{\circ}{B}_{t\ t+p}$ 中的角注 P 反映了投资对最终净产出增值的延滞时间，可见延滞时间 P 愈长，$\overset{\circ}{B}_{t\ t+p}$ 所包含的 Q 多项式数目愈多。

上三角阵 $\overset{\circ}{B}$ 的一般表达式为以下(47)式，这里仍假定 $t=0$ 为基年。

$$\overset{\circ}{B}=\begin{bmatrix} G_{-K+1}^{-1} & \overset{\circ}{B}_{-K+1\ -K+2} & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \overset{\circ}{B}_{-K+1\ T+K} \\ & G_{-K+2}^{-1} & \overset{\circ}{B}_{-K+2\ -K+3} & \cdots & \cdots & \cdots & \overset{\circ}{B}_{-K+2\ T+K} \\ & & \ddots & & & & \vdots \\ & & & G_0^{-1} & \overset{\circ}{B}_{01} & \cdots & \overset{\circ}{B}_{0\ T+K} \\ & & & & G_1^{-1} & \overset{\circ}{B}_{12} \cdots & \overset{\circ}{B}_{1\ T+K} \\ & & & & & \ddots & \vdots \\ & & & & & G_T^{-1}\ \overset{\circ}{B}_{T\ T+K} \cdots & \overset{\circ}{B}_{T\ T+K} \\ & \mathbf{0} & & & & (I-A_{T+1})^{-1}\ 0 \cdots & 0 \\ & & & & & \ddots & \vdots \\ & & & & & & 0 \\ & & & & & & (I-A_{T+K})^{-1} \end{bmatrix} \tag{47}$$

由此可见，$\overset{\circ}{B}$ 阵在时间领域中亦是一个 $T+2K$ 维的方阵，而这个时序方阵中的每个元素，又是部门的 $n\times n$ 方阵。

六、一次性投资的两个实例

例 1：列写出规划期 $T=3$ 年，最长延滞产出期 $K=2$年的动态投入产出逆阵 $\overset{\circ}{B}$ 的表达式。

假定基年为 1980 年，令该年 $t=0$，于是，对所规定的规划期 T 来讲，可知考查期经前后延伸后为 $T+2K=7$ 年，故逆阵可反映 1979 年到 1985 年间的投入产出关系。

可以算出，这段时间的逆阵如下页的(48)式所示：

由此可见，即使 $K=2$，1985 年 B 阵第一行的元素 $\overset{\circ}{B}_{-16}$ 已包含 13 项，所以计算量已相当大，但由于都是矩阵式的相乘、相加和求逆，因此，用计算机进行其迭代计算，程序并不复杂。

例 2，分析仅有一年延滞产出情况下的逆阵，所考虑的规划期仍设为 3 。

该例中 $K=1$，故逆阵的所有元素都只有一项，关系式比较简单，因 $T=3$，故考查期 $T+2K=5$，即可从 1980 年至 1984 年，其中基年为 1980 年。

由（26）式，可得出这一情况下的逆阵为：

$$\overset{\circ}{B}=\begin{pmatrix} G_0^{-1} & Q_{01}G_1^{-1} & Q_{01}Q_{11}G_2^{-1} & Q_{01}Q_{11}Q_{21}G_3^{-1} & Q_{01}Q_{11}Q_{21}Q_{31}(I-A_4)^{-1} \\ & G_1^{-1} & Q_{11}G_2^{-1} & Q_{11}Q_{21}G_3^{-1} & Q_{11}Q_{21}Q_{31}(I-A_4)^{-1} \\ & & G_2^{-1} & Q_{21}G_3^{-1} & Q_{21}Q_{31}(I-A_4)^{-1} \\ & & & G_3^{-1} & Q_{31}(I-A_4)^{-1} \\ & & & & (I-A_4)^{-1} \end{pmatrix} \tag{49}$$

由于规划的增产值是以基年 1980 年为基础来计算的，

$$
\mathring{B} = \begin{pmatrix}
\overset{79}{G_{-1}^{-1}} & \overset{80}{Q_{-11}G_0^{-1}} & \overset{81}{(Q_{-11}Q_{01} + Q_{-12})G_1^{-1}} & \overset{82}{\begin{matrix}(Q_{-11}Q_{01}Q_{11} \\ + Q_{12}Q_{11} \\ + Q_{-11}Q_{02})G_2^{-1}\end{matrix}} & \overset{83}{\begin{matrix}(Q_{-11}Q_{01}Q_{11}Q_{21} \\ + Q_{-12}Q_{12} \\ + Q_{-12}Q_{11}Q_{21} \\ + Q_{-11}Q_{01}Q_{12} \\ + Q_{-11}Q_{02}Q_{21})G_3^{-1}\end{matrix}} & \overset{84}{\cdots} & \overset{85}{\cdots} \\
 & G_0^{-1} & Q_{01}G_1^{-1} & (Q_{01}Q_{11} + Q_{02})G_2^{-1} & (Q_{01}Q_{11}Q_{21} + Q_{02}Q_{21} + Q_{01}Q_{12})G_3^{-1} & \cdots & \cdots \\
 & & G_1^{-1} & Q_{11}G_2^{-1} & (Q_{-11}Q_{21} + Q_{12})G_3^{-1} & \cdots & \cdots \\
 & & & G_2^{-1} & Q_{21}G_3^{-1} & \cdots & \cdots \\
 & \mathbf{0} & & & G_{I-3} & \cdots & \cdots \\
 & & & & & (I - A_4)^{-1} & 0 \\
 & & & & & & (I - A_5)^{-1}
\end{pmatrix} \tag{48}
$$

故而 1981 年的增产是 1980 年投资的结果，82 年增产又是 81 年投资的结果，余此类推，1984 年是规划期向后延伸的一年，以考虑后效。在 263 页文献①中，里昂节夫所导出的动态投入产出逆阵表达式与上相同。（49）式的列向量有这样一个特点，即 t 行的某个元素比 t+1 行同列元素要多一个因子，而且仅多一个因子，即 Q_{t1} 。这对按列来求逆阵元素是十分有利的，只要从规划期的最后一年往回递推，就很容易得出该逆阵的各项元素值。

里昂节夫在有关的文献中指出，根据历史数据所算出的逆阵元素值，其子矩阵（n×n）的元素可能有负值，即为实现某一部门最终净产出增加一个单位值，在其前几年中，有关部门所需增产的数值中会出现有正有负的情况。根据（35）式：

$$\mathring{X} = (I - \mathring{A})^{-1} \mathring{Y} \tag{50}$$

如果在 t=0 年要求机械制品的最终净需要增加一个单位值，那么，可用逆阵元素反映出在 t=0 年以前的若干年对其他生产部门的直接和间接要求和影响，结果如图 19 所示。图中负值反映了该部门的产出在该年的产值应当减少。如运输业，常是所谓的“先行部门”，为使机械制品增加，在 t=-2 年以前，一直是逐年增长的。而在 t=-1 年，却出现负值，这表示前几年由于“先行”之需而增加较多，到 t=-1 年不需维持较高水平的运输能力，可适当下降，到 t=0 年，再略回升，而金属却是机械制品的主要原料、产量需一直上升。

里昂节夫还分析了不同部门最终净需求量增加一个单位值，对金属的产出量年度需要的变化值，各变化曲线如图 20 所示。

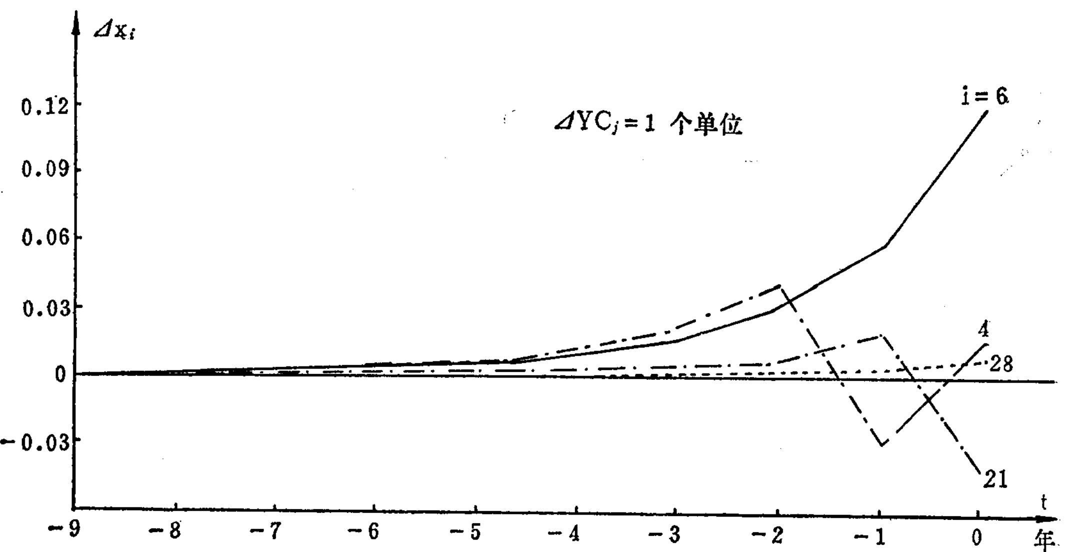


图 19 在 t=0 年，机械制品部门的最终净要求增加单位值($\triangle YC_{j=1}$)时，由动态逆阵算出的对有关部门的产出增长（$\triangle X_i$）的要求、包括 t=0 年及其以前若干年所波及的直接和间接效应。图中（4）为运输装备及生活器具；（6）金属；（21）木材及其制品，包括集装箱等；（28）橡胶及塑料制品。单位：10^6 美元。

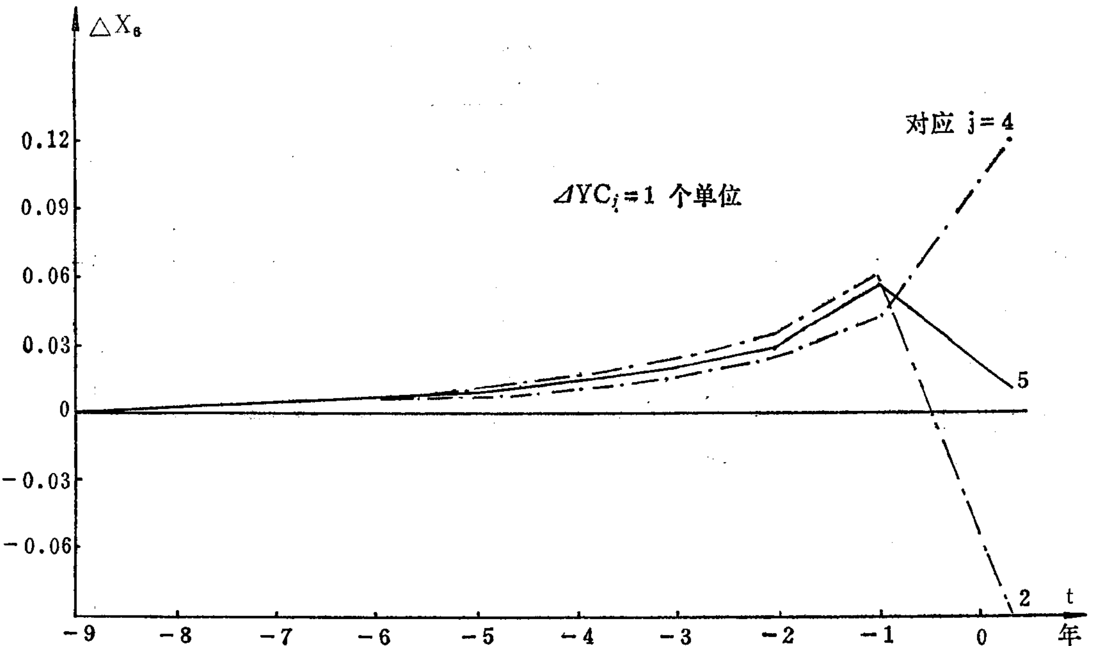


图 20 在 t=0 年，由于 j 部门最终净需求 $\triangle YC_j$ 增长单位值时，由动态逆阵算出的对金属部门产出增长（$\triangle X_6$）的要求，包括 t=0 年及其前后若干年所波及的直接和间接效应。图中（4）为运输装备及生活器具；（2）为纺织品、衣物及家具；（5）为建筑业。单位：10^6 美元。

图 20 中，用实线表示的曲线 5，表示建筑部门最终净需求在 $t=0$ 年增加单位值时，金属部门 $\triangle X_8$ 变化的情况。和图 19 一样，在 $t=0$ 年以前若干年，已要求金属部门增加产值，而且在 8—9 年前就要求金属产品有所增长，这说明波及效果达 8—9 年。只是在建筑部门需求增长的前一年，要求金属增产最多而已。换言之，当前的生产就应预见到 8—9 年后需求增长的需要。按部门动态综合平衡来看，为实现某个年度增产计划，必须早几年就有准备。当然，从图上也可看出，对增产量要求比较大的是 $t=0$ 年以前的 3—4 年，再以前数值就比较小了。另外，还可以看出，像运输装备这样的与金属产品直接有关的部门，当其最终净需求增长时，要求该年以前金属产品增产量一直上升，如曲线 4 所示。而间接消耗金属产品的纺织衣物等部门，消费增加时却对当年金属产值要求反而下降，而在前几年却增加较快，如曲线 2 所示，这是合乎实际的。

综上所述，可以看出，我们可以从各年的最终需要增长量出发，计算和分析规划期国内生产值增长的要求，从而制订出满足要求的规划。

通过动态矩阵 $\mathring{B}$，还可以求出动态完全消耗系数矩阵 $\mathring{C}$。

$$\mathring{C} = \mathring{B} - I \tag{51}$$

$\mathring{C}$ 反映了某年增加单位最终净需求，在此以前若干年中各部门生产过程的全部直接、间接消耗量、包括对新建和更新投资的要求和波及影响。由此可见，定量分析 $\mathring{B}$ 阵和 $\mathring{C}$ 阵的时序变化曲线，对制定经济综合规划有一定指导意义。

七、简短的结论和问题讨论

1. 动态投入产出经济模型全面反映了投资和扩大再生产

的关系，本文利用了向回递推的方法列写了动态平衡方程式，保证了在求逆阵时，结构矩阵 G_t 不会出现奇异性问题，因而可以动态地确定最终净需求和国内生产量的关系。

2. 目前，我国计划部门在制定国民经济规划时，常采用“滚动式”方法，即以前几年为基础，逐段向后推算年度国民经济计划，这种由前向后滚动的算法，其优点是从历史实际出发，逐年向后推进，规划结果和现实情况衔接较好，看来比较实在，切实可行。然而，这一方法如处理不当，可能存在一个问题，即前几年如决策失误，使滚动轨迹偏离了长远规划的预期目标，致使积累和消费的比例安排不当，或经济结构调整不合理、不及时，使该早上马的新建或改建项目没有及时给予投资，以致后几年再调整补救十分困难，甚至在发展中出现波浪式，影响了发展速度。为此，可应用多种方案进行向后滚动的推算，从中选出较好的方案

另一种滚动式规划是从规划期末的目标向回滚动。例如以2000 年为最末一年，将其预期发展要求作为多年规划的末端边际条件，将基年或基年前 K 年作为始端边际条件，进行由终端向始端的滚动规划，逐次逼近预期要求和始端条件。或直接用线性规划或动态规划对整个考查期进行寻优，效果会好些。

3. 关于系数矩阵问题，众所周知，这一般是根据各部门的不同技术水平的企业统计数据算出来的。不论是中间投入量还是固定资产占用量，都是来源于各种规模企业的统计数，这些数据经过综合处理就得出各种系数。可见，投入系数和投资系数都是反映了大、中、小企业状况的综合矩阵。

动态投入产出所用的各种不同延滞时间的系数矩阵，或多次性投资系数矩阵，又都是在统计数据综合处理前的各种规模的原始系数矩阵，故均为上述综合矩阵的基础。不能认为综合

矩阵容易取得，而作为基础的分矩阵就无法取得。问题在于要搞清各种系数矩阵的具体含意，正确使用和处理所收集的数据。

（4）文中所列写的基本方程式是按不变价格考虑的，如按实际价格或现行价格，需引入价格比和贴现因子等再作计算，关于优化模型，另文讨论。

参考文献

1 联合国统计局编
投入产出表和分析
肖嘉魁 周逸江译校 中国社会科学出版社 1980 年 3 月

2 张钟俊 张启人
动态投入——产出分析的若干有关论题
经济控制论论文集 1982 年 8 月

3 天津大学系统工程研究所
大中城市能源——经济系统模型与应用
第三次能源座谈会科研成果报告 1981 年 12 月

4 黄良文
投资效果的经济模型 1982 年 2 月
第一次全国数量经济学会论文

5 T. Rader. Theory of General Economic Equilibrium.
Academic Press 1972

用系统科学方法探讨如何充分发挥283万台机床的效益

秦 宗 旭

一九八〇年底，我国拥有机床已达二百八十三万台，数量居世界第二位，仅次于苏联（一九七四年苏联为四百四十五万台，一九七七年美国为二百五十四万台）。它是我国社会主义经济基础的一个重要组成部分。怎样充分发挥我国现有机床的作用，为四化建设服务，这是一个重要课题。本文试图运用"三论"原理，进行科学分析，寻找优化方案，为决策部门提供较好解决问题的途径。

一、运用系统科学方法对机床作定性分析

按照实际情况作出决策，这是最基本的唯物主义原则。研究现有机床如何提高经济效益的途径，首先要对现状作科学的分析。系统论和系统方法，正是研究分析机床现状的科学方法，它有助于透过现象，准确地进行定性分析。

1. 运用系统方法的整体性原则，分析机床的产品构成。

世界上一切事物，都是有机的整体，自成系统，又互成系统。我们认知事物，不仅要从局部来看，更重要的应当从整体角度来分析研究，这样才能避免发生片面性和表面性。根据这个原则，我们把二百八十三万台机床作为一个系统的整体来

看。同样数量的机床，品种构成不同，反映着整个机床系统的生产技术水平和宏观经济效益的不同。机床是由车、铣、刨、钻、插、磨、冲、锻压等多种机床品种构成，还可分一般、精密、专用、自动化等机床类别。目前，我国机床拥有量虽然居世界第二位，但就其构成而言，与工业发达国家相比，还很落后。我国现有的机床当中，粗加工机床比重大，精加工机床比重小，加工精度比较低；万能通用机床多，高效自动化机床少，加工效率较低；无切削加工机床少，工时和材料消耗比较高。比如齿轮加工，国外机械工厂进行粗加工以后，还要进行磨削等精加工，精度高，噪音低。我国一般都不磨齿，因此许多机械产品的齿轮箱精度较低，噪音大。

所以，从机床的整体看，要提高经济效益，必须结合技术改造和设备更新，有计划地调整机床的构成，增加高效、精密、自动半自动等机床的比重。

中、美、苏机床构成分析表

机床构成 国家	插床、刨床占总拥有量比重（%）	车床比重（%）	磨床比重（%）
中（79 年）	12.5	43	10.3
美（77 年）	1.4	24	19.9
苏（75 年）	1.1	26.3	12.2

2． 运用系统论的动态原则，分析机床的素质。

一切系统都是在不断运动、变化中向前发展的。因此，必须以动态的原则去认识事物。不仅要研究其发展的趋势，更要研究其变化的原因和规律，以推动这个系统的发展。运用这个原理来分析机床的素质，可以看出它随着时间的推移而不断变化，

并受我国国民经济发展和经济管理体制的调整的影响。第一个五年计划时期，工业采取集中管理为主，国家建设需要的机床，主要靠国家计划由骨干机床厂生产供应，一部分从国外进口，这时期机床的素质比较好，大跃进时期，大家办工业，一些非机床制造厂也造机床，出现了不少粗制滥造的机床，因而使全国拥有机床的素质下降。六十年代调整时期，整顿产品质量，加强计划的集中管理，这个时期生产的机床质量提高了，也改善了拥有机床的素质。文化大革命时期，又放松了计划的集中管理，盲目生产机床比较严重。辽宁省旅大附近的庄河县，一年就生产一万多台机床，基本上是简易立钻，质量状况可想而知。浙江省，一年安排一万五千九百零八台机床生产任务，其中国家计划只一千八百零五台，计划外一万四千一百零三台，为计划内的七点八倍。全省机床生产点六百二十五个，其中机床制造专业厂仅十九个。计划外生产的大多是长线产品，不少是已经淘汰的和非系列产品，结构落后，粗制滥造，成本又高。

现在，总起来看我国拥有机床的素质比过去有所下降。我国二百八十三万台机床中，除旧中国遗留下来九万台，三十多年来进口约十万台以外，其余都是国内自己制造的。国家重点机床厂共生产约九十万台，质量比较好。县社企业在国家计划外自行生产的机床，大多是普通车床、牛头刨床、钻床等。其中有的未达到国家技术标准，有的是简易机床，滥竽充数。因此，全国质量比较好的机床充其量一百多万台，约占全国机床拥有量的三分之一。

另一方面，早在第一、第二个五年计划时期生产的机床，由于长期使用，精度和性能已经下降。特别是一些沿海的骨干老企业，陈旧的机床急待更新，是个突出问题。

3. 运用系统论的相互联系原则，分析机床生产和使用的组织管理。

每个系统都是诸要素相互联系、相互作用的整体。要认识系统，就要研究诸要素的相互联系和相互作用。我国机床的制造和使用分属许多部门和工厂。纵看每个部门，横看每个机床制造工厂，都相当于每一个要素。它们各自的生产组织管理形式不同，水平不一，以及相互的联系和作用不同，产生的效果就不一样。当前，纵看各个部门（诸要素）之间的相互联系和作用如何？目前机床生产和使用的组织管理是多部门制，中央的许多部门、省市县甚至公社都办机床厂，条块分割，管理分散，不能统一计划，造成重复建设，重复生产。这种管理是不大科学的，因此影响了整体的经济效益的充分发挥。横看，各机床制造厂（诸要素）之间的联系和作用如何？目前，机床厂内部的生产组织大多是“小而全、“大而全”，从铸造毛坯、机械加工、热处理、整机装配，以及动力、设备维修等，样样齐全，“万事不求人”，工艺专业化和零部件专业化水平低。这种生产组织形式，同社会化大生产和多品种生产的要求很不适应，技术经济效益较差。

由上可见，我国机床拥有量虽然不少，似乎机械工业大得不得了。实际上是个假象。有人说它是个“虚胖子”，不能充分发挥经济效益，不适应“四化”建设的需要。这些问题，在调整时期都应逐步加以解决。

二、运用组织效应学，研究提高机床效益的途径

二百八十三万台机床如何更好地发挥经济效益？重要的是

调整好人与物的群体作用，提高组织效益。下面针对前面分析的认识，运用组织效应学的基本原理，选择优化方案，作为提高经济效益的途径。

1. 运用能动性原理，选择改变机床构成、转变落后为先进的途径。

在人和物的组合中，物的因素重要，但人的能动作用是第一位的。在调整机床构成的过程中，人们发挥作用的有效途径是：(一)在国力可能下，对现有企业有重点地进行技术改造。骨干机床厂的技术改造要放在优先地位。因为它是生产工作母机——机床的骨干工厂；它的技术水平的提高，可以提供高效率、高精度、低消耗的先进机床品种：装备国民经济各部门。（二）加速企业的设备更新。目前许多老企业的设备严重变化。以原一机行业为例，据对 13 个骨干企业的调查，机床役龄（使用年限)在 25 年以上的占 37%；10—20 年的占 25.7%；10 年以下的占 37.3%。总起来，已失去精度，或质量不稳定的占 34.5%，严重影响产品质量。建议国家制定加速设备更新的政策，改变企业机床陈旧、构成落后的状况。

2. 运用调控性原理，选择提高机床素质、由下降转变为上升的途径。客观事物经常在变化，必须根据变化了的情况经常进行调控。机床生产也是如此。要通过国家的行政干预，制止机床生产的粗制滥造。（一）制订和颁发企业标准。规定必须具备的生产条件：产品对路、有市场需要、能稳定生产合格产品、原材料和能源供应有保证等等，具备这些条件，经国家有关部门批准，才允许办厂。坚决制止过去盲目办厂、盲目生产的状态。（二）对现有的机床制造厂、颁发生产许可证。国家制订统一的产品技术标准和测试方法，授权专门机构对生产厂进行鉴定。符合条件的，国家发给生产许可证，不符合的限

期整顿。通过这些途径，以保证机床生产的质量，提高机床的素质。

3. 运用相关性原理，选择机床生产和使用的科学组织管理方法以及由分散生产转变为合理组织的途径。

相关性原理指出。任何两个事物组合起来，不一定等于两者之间的简单相加。因此，机床生产和使用的组织管理科学化，对于提高其效益关系很大。目前，（一）是要组织包括跨行业跨部门的各种经济联合体，根据社会需要，合理地组织生产，提高现有机床的使用效率。（二）在联合的基础上，逐步按专业化生产和经济合理的原则，进行改组，变小生产为大生产，变单一品种为多品种生产，更好地为国民经济和社会需要服务。

当然，提高现有机床效益，还有其他途径。机床制造厂要学会研究与开发、制造与工艺、销售与服务三套本领提高企业的适应能力，加强经营管理，扩大服务领域，努力发展社会需要的适销对路产品，提高产品质量，搞好技术服务，并面向国外，打入国际市场，这些也是运用控制论、组织效应理论等科学方法的具体化。

附：提高全国机床效益示意图

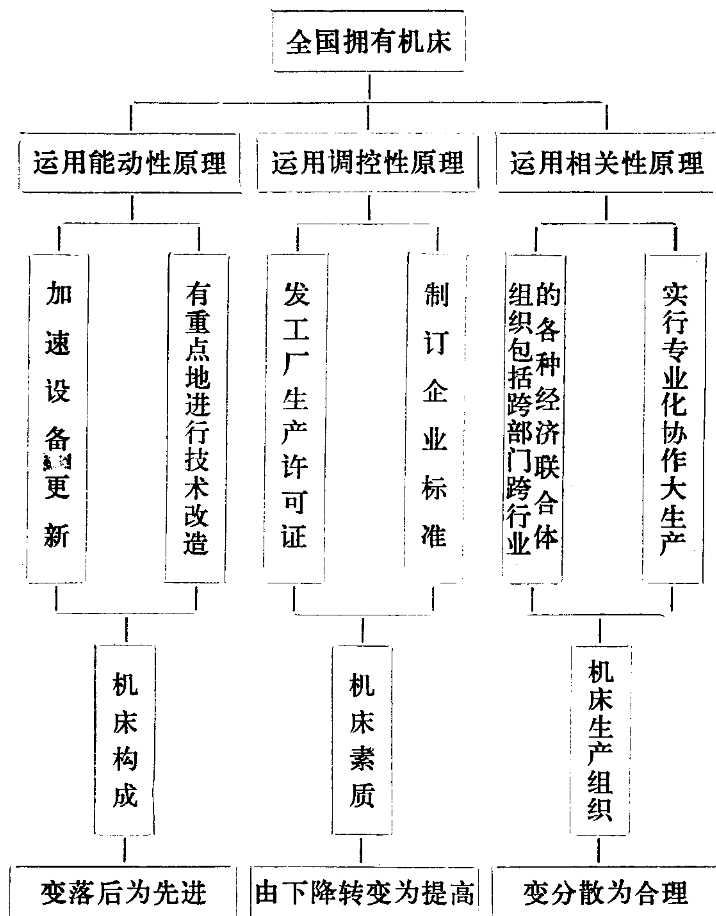


图 21

系统科学方法在 8101 无线电话筒供、产、销系统中的应用

陈 启 华

(一)

系统论、信息论、控制论是创立现代科学方法论的基础。而由“三论”的理论所提供的科学方法：如控制论所提供的功能模拟法，反馈法……；信息论所提供的信息方法；系统论所提供的系统方法，都注意从横的方面研究某几类或全部科学的共同属性和运动规律。当前控制论方法、信息论方法、系统论方法都在向所有科学领域渗透。它们虽然来自三个方面，但往往都是同时又同在，既无法分隔又缺一不可，而且正在得到各学科，各系统，各部门的大量运用，并已显示出它的强大生命力。本文简述了“三论”科学方法在 8101 无线电话筒供、产、销系统中的运用。

(二)

我所是一个研究单位，为了对四化多作贡献，试制了供社会广大用户使用的 8101 无线电话筒，并在 81 年底，提出 82 年投产八千支到一万支，产值达 31 万元的要求。但到了 82 年 2 月份，市场情况有所变化，销售量明显下降，北京有一代

销点一个月只卖出五支，所里也有人对生产一万支提出疑义。当时，摆在我们面前的问题是：8101 一万支生产计划的决定要不要修改？如何去解决？我们感到，8101 无线电话筒产品虽小，但涉及面很广，影响的因素太多，从何处下手呢？结果用“三论”科学方法来研究分析 8101 无线电话筒的供、产、销，收到了比较满意的效果。

（三）

整体性是系统科学方法研究的基本出发点。而 8101 无线话筒的供、产、销就是一个有机整体，就是一个系统。其供、产、销牵涉到各个方面，由若干要素组成。研究 8101 无线话筒，首先要从供、产、销的整体出发，始终注意整体与各要素之间，整体与外部环境（广大用户等）的相互联系，相互作用，从而找出 8101 无线话筒供、产、销之间的客观规律。

（四）

一个有机整体都是由若干要素以一定的结构互相联系而成的。8101 无线话筒以它的供、产、销系统来看，它也是由各种要素构成，如下图：

从图 22 可见，8101 无线话筒供、产、销的主要要素有两个：外部（社会）因素和内部（所内）因素，重点又是要搞清外部因素。而在外部因素和内部因素中，又可分解为若干具体要素，而这些具体要素又和供、产、销这个整体相互联系，相互作用，相互制约。

外部（社会）因素包括下列各具体要素：

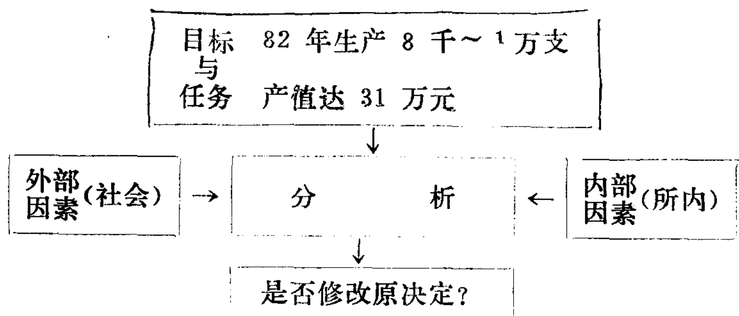


图 22

8101 无线话筒供、产、销系统图

1. **国家社会的政治经济形势**：当前国家是调整时期，各单位经费开支都在压缩，但8101无线话筒每支单价只有37.5元，一般单位还是可以买得起。

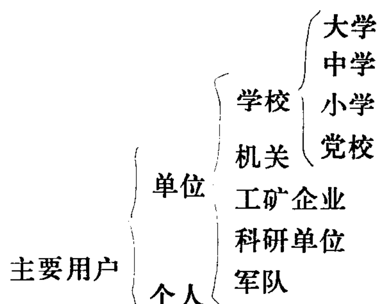
2. **党和国家的政策、法令**：

（1）国家处于经济调整时期，中央有正式文件要求大力开展职工教育，而开展职工教育，8101 无线话筒是比较理想的工具。

（2）8101 无线话筒使用时，不泄密，不干扰电视广播。这两方面都得到中央无线电管理委员会的肯定，并在发射功率及频率上加以控制与选择。

3. **主管上级对所的要求**：82 年的要求是：每人平均净收入达八百元，全所要闯过百万大关，而 8101 无线话筒的收入占百分之十五左右。

4. **市场的需要**：



5. **资源保证**：主要部件均进货1.5万支，而且今后能大量供应。

6. **竞争对手**：8101 无线话筒在同类产品中的竞争地位，又从八个小因素来比较：

综上表，八个方面，15 项评议来看，其中 8 项 8101 无线话筒占优先地位，特别在性能、价格上占压倒优势。

7. **具体条件购买的用户**：8101 无线话筒的使用条件，要具有带调频的录音机或收音机。根据有关单位的统计，目前机关、工矿、学校等大部分单位都具有以上设备，而且正在日益增加，由下图示意：

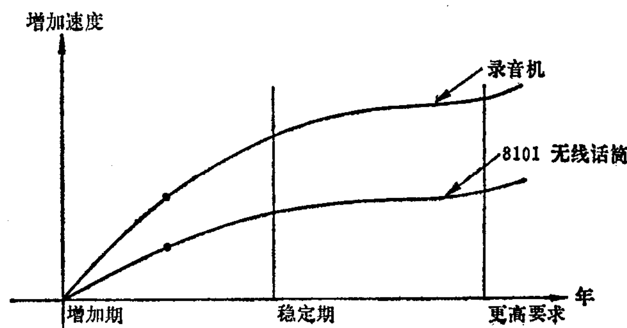


图 23

特性	类别	8101	台湾产品	其它国产品	8101在其中的评议效果
性能	稳定性	好	较好	不太好	中
	电源	低电压1.5伏	高电压9伏	高电压9伏	优
	耗电	省	中	大	优
	频率	不干扰电视	有干扰	不干扰电视	中
结构	电源与机体	一体化	一体化	分开	中
	外表	一般	好	差	中
使用	体积	小(方便)	大（不方便）	二体（更不方便）	优
	更换电池	方便	方便	方便	
	购买电池	方便	不便	不便	优
价格		便宜	贵3倍	贵	优
上级主管意见	中央无线电管理委员会	同意投产，进行了实地测量	有限止	有限止	优
产投条件	工装、模具	齐		刚开始	优
	工艺	齐		刚开始	优
维修		方便	不便	方便	中
销后服务		包修半年	不能	包修	中

根据示意，二者都处于增加期。

内部（所内）因素：

1． **加工手段**：

（1） 14 套模具都是新的，而且齐套。

（2） 工艺图纸齐、全，并已经一千支的试生产。

（3） 测试仪表：新增加调测设备数台。

2． **工人技术水平**：通过 81 年生产二千支，逐渐成熟。

3． **资金情况**：8 千到一万支的主要材料均已购进。

4． **销售及销后服务条件**：逐步建立自销、代销渠道。

在以上诸因素中，起主要作用的（即影响 8101 无线话筒供、产、销的主要因素）有三条，第一：社会需求量；第二：8101 无线话筒的竞争能力；第三，销售及销后服务条件。

（五）

系统科学方法的另一特征是信息化。“三论”解决问题时着眼点在于信息，在人流、物流、信息流三股流中，信息流总是起着支配的作用。而任何一个有目的运动都可看作是一个信息的获取，传递，加工和处理的过程。在 8101 无线话筒供、产、销系统中，要处理好供、产、销，首先要获取“社会需求量”这一信息，那么提供这些信息的信源是什么呢？鉴于以上分析的诸要素中，又突出如下几点：

1． 目前国家处于调整时期，号召大力开展职工教育，厂

矿、企业单位买的可能性大；

2. 为了减轻教员的负担，大力开展电化教学，学校买的可能性大，其中又以大学为主；

3. 科研单位，学术团体经常进行学术交流，使用 8101 无线话筒的可能性大。

4. 机关开会多，对 8101 无线话筒也可能感兴趣。

那末又如何去获取、传递信息呢？我们提出：加强全面调查，重点推广，走访用户，开通销售渠道，增强宣传广告。具体做法是：

1. 加强宣传、广告。我们在原来北京日报报道的基础上，又作了具体分析，报纸报道只是一次，看到的人就看到了，没有看到的也无法补救，它虽然具有快的特点，但不持久，“信息”不能连续持久。这次，我们采用了下列措施，以延长“信息”的作用时间。（1）印制宣传广告画进行张贴。其特点是时间长，效果良好。如在我所门口贴了一张，平均每天路过的就有三至四人前来询问或购买 8101 无线话筒，（2）印制比较好的说明书；（3）各种展销会上实地表演。

2. 发函调查获取信息：有计划有选择发函调查。先后共发三百余封信函，书面获取了大量用户信息，效果好。

3. 走访用户，直接与用户见面，获取信息。先后组成四个推广调查组，走访了四川、内蒙、东北三省、中南、东南四省、西北、华北等十九个省市，与用户及销售单位直接见面，深受用户欢迎，收获较大。四川省级电化教育馆一次就订购 610 支，并声称找了较长时间此种产品。

由于采用了以上方法，获取了大量关于社会上对 8101 无线话筒需求的信息，一下子打开了 8101 无线话筒的销售局面，仅在两个月内，就订出合同六千余支，造成了脱销局面。

(六)

最优化是系统科学方法解决问题时所达到的目标。“三论”科学方法既是确定目标的方法又是实现目标的方法，而且又是一种科学的决策方法。我们的目标是：“是否要修改原决定生产 8101 无线话筒 8 千到一万支的决定。“三论”科学方法提供了有关 8101 供、产、销的诸要素：例如国家的政治经济因素，党和国家的政策法令，上级的要求，市场的需要，竞争能力，销售条件及所内的各因素等作为一个整体来考虑，寻找 8101 无线话筒供．产、销的规律及解决方法。这是任何传统方法所不能及的。有了大量足够的信息就可作出最优化的决策。在获取社会上对 8101 无线话筒的要求信息基础上，我们均衡了各种要素与整体的关系，最后作出了原生产八千到一万支的计划不变，还拟根据市场的动态，适当增加产量，以满足用户的需要，摆脱供不应求、脱销的局面。

(七)

系统科学方法告诉我们，任何一个系统都有输入输出，而且存在有各种简单的或复杂的控制和反馈，在系统内外和系统各要素之间都会有信息的传递和转换。在 8101 无线话筒供、产、销系统中，我们一方面注意了系统的各要素，另一方面注意了信息的反馈和控制，使供、产、销系统形成了一个闭环、可控的、不断向前发展的系统。为了随时掌握和获取 8101 无线话筒的供求信息，调控投产计划，我们采用了灵活多样的办法，分别建立了自销、代销和包销等销售渠道，并对代销、包

销点实行优惠价格，使他们有利可图，调动了这些单位的积极性。目前已建立近 40 个代销点，形成了销售网。这样，每月都有来自大半个中国关于 8101 无线话筒的需求信息及用户的其它反映信息，利用信息反馈，调整和控制系统内的其它要素，进一步改进系统的结构，保障了 8101 无线话筒供、产、销系统的长期有序性。

用系统科学方法探求企业政治工作程序

田　川

企业的政治工作是个复杂的动态组合体系。一要调查研究，及时而准确地获取大量有关思想动态等信息。二要有针对性地统筹安排，力求找出最佳计划方案。三要认真贯彻落实计划，有效解决问题，促进精神文明和物质文明建设。四要自觉调控职工和工作的循环运动，掌握运动发展规律。这四个步骤环环相扣，交叉进行，形成良性循环，不断向更高的层次发展。

要使企业的政治工作进一步科学化，必先使工作程序系列化。工作程序要系列化，就要以马克思主义的哲学思想为指导，总结我们党已有的丰富的政治工作经验，也要吸收和运用现代管理科学中的新思想和新方法。近几年来，我深感企业的政治工作情况复杂、千变万化、难度很大，很需要进一步科学化。学习了系统、信息、控制这一前沿科学的理论和方法，感到眼界宽了、思路开了、办法多了、着眼点高了。这说明，系统、信息、控制科学具有鲜明的科学性、广泛性、现实性，不但各行各业都能运用，而且越是复杂的动态体系越能显示出有效性。显然它是打开企业政治工作新局面的一把好钥匙。于是我们就运用系统、信息、控制科学的理论和方法，探求企业政治工作程序系

列化，取得了一定成效。要是能在企业政治工作中广泛普及系统、信息、控制科学，对加强和改善党的领导、建设强有力的企业政治工作体系、提高政工干部水平、开创政治工作新局面、建立发挥职工积极性的现代科学管理、推动四化建设，无疑具有重要的意义。

一、深入调查研究获取思想信息

企业是人流、物流和信息流的多因素动态组合体。信息流起着支配作用。企业领导就是通过信息流的收集、反馈、处理、传递，指挥着人和物的流动，按时保质保量地完成各项任务。企业的政治工作程序就是思想信息的流程。及时地、准确地、适量地获取思想信息，是加强政治工作针对性的基础。因此，用什么方法才能及时、准确地获取思想信息，是政治工作程序系列化的首要环节。

西方行为科学强调需要对行为有直接的激励作用。但是，行为科学的局限性在于，它孤立地、机械地看待和划分人的需要，所以难免带有实用主义色彩。不可能辩证地、系统地剖析需要的主客观条件，更科学地确定需要的合理性和准确性。用系统科学方法分析，每个职工的需要，都离不开社会主义的发展、国家的状况、企业的水平等各个大系统的运动和现状，更离不开职工个人生命运动和思维运动的实际和要求。职工的合理需要只能是职工生命运动和思维运动的综合效应所决定。有些职工听到领导说要满足需要，就不顾我国国情和外国比，不顾企业亏损现状要多拿奖金，不顾个人贡献大小要过高待遇，就是因为孤立地空谈需要。这样的需要没有基础，没有止境，往往满足不了，因此也不可能通过满足这样的需要去激励行为。当然，我们社会主义国家发展生产的根本目的是要满足社会和

人民日益增长的物质和文化需要，提出满足职工需要并没有错；而且，调查研究出强工的各种需要之后，也可以分门别类加以分析：合理的给予满足，不合理的教育职工放弃要求或降低期望值，虽然合理但暂时还办不到的逐步解决。可是，如能按照系统信息控制科学的方法，把职工的需要始终和不同的社会制度、我国国情、企业水平与保证职工个人生命运动和思维运动的健康发展等大小系统联系起来，一起调查研究、考虑、分析，就能更科学更准确更合理地理解和获取思想信息。为此，我们把职工的现实需要分为四个系统、六十五个因素，能够比较及时、准确地获取大量思想信息，为加强政治工作的针对性提供了条件。

具体是：

1. 生活需要系统，有二十二个因素。如，住房条件，市场物价，身体状况，生老病死，工资奖励，婚姻恋爱，生活水平，工伤残疾，劳保福利，生活环境，学习条件，交通状况，票证待遇，业余文体生活，子女教育，家属分配，家庭关系，亲属关系，邻里关系，天灾人祸，季节变化，特殊爱好。

2. 生产、工作需要系统，十八个因素。如，工作爱好，工作性质，工作职务，工作标准，工作条件，工作环境，工作难易，任务忙闲，工作效率，经济实效，工作秩序，岗责权利一致，管理状况，工序协调，检查考核状况，评比选树，工作前途，发展方向。

3. 政治需要系统，十七个因素。如，对党的领导的看法，领导是否信任，大家是否尊重，对形势的认识，对党的路线方针政策的认识，对社会主义制度的认识，政治待遇高低，是否加入党团和群众组织，表扬奖励，批评处分，评比先进，

受到冲击，关心爱护，怀疑冷淡，诚恳相待，打击报复。

4．群众关系需要系统，八个因素。如，党风民风，社会治安，社会交往，同志关系，党群关系，干群关系，领导和群众的关系，国际关系的重大变异。

职工的需要是动态的，调查研究职工需要也就要抓好各种有利时机，我们掌握职工需要多变的最佳时机有十个：一是，党和国家出现大事时；二是，重大政策变化与职工思想有矛盾时；三是，年初、年中、年底工作要求变化大时；四是，全厂性的中心工作交替过渡时；五是，机构改革、工作调动不合心意时；六是，分房、招工、评级、入党、提干、受到表扬奖励或受到批评、处分、冲击、打击报复时，七是，迫切需要满足不了，影响到党群关系、干群关系、同志关系或领导与自己的关系时；八是，工作不顺利、心情不愉快或自己与重要亲属身体不好时；九是，家庭关系、亲属关系、邻里关系出现新矛盾时；十是，出现意外事件或事故时。实践证明，抓好这些时机调查职工需要，是比较有成效的。

调查职工需要，也要因人因地因时制宜，采取多种有效方法，并不断改进和探索新形式。职工的需要因为年纪不同、职务地位不同、政治要求不同、时间不同、部门和地点不同差异很大，并经常变化和发展。因此，调查方法也必须适应各种不同情况，才能有“的”放矢，取得最佳效益。我们常用十种调查方法：（1）深入群众听意见；（2）各种会上听发言；（3）察颜观色看表现；（4）民意测验看答卷；（5）遇到大事听反映；（6）家访谈心问长短；（7）随时留心听议论；（8）座谈讨论要记全；（9）举一反三论概率；（10）细问骨干多判断。实践证明，这些方法也是比较有成效的。

调查研究强工需要的思维流程，如图：

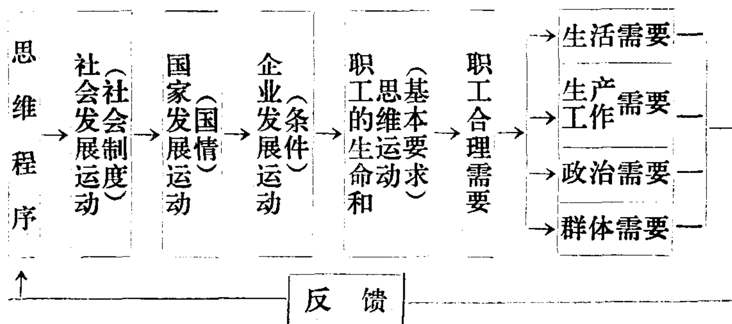


图 24

二、系统考虑决策制订最佳方案

获准大量思维信息后，如何考虑决策、订好计划方案？对于政治工作方向是否对路、着眼点是高是低、组织力量是否得当、工作是否有科学性、能否取得最佳效益，都有直接的决定性影响。因此，用什么方法才能考虑和作出最佳计划方案，取得最佳效益，是政治工作程序系列化的关键因素。

企业政治工作过去考虑决策和制订计划方案的传统做法是：各部门首先或主要地只是考虑本部门的任务、要求，订好本部门自己的年度、季度或专项工作业务计划，然后由党委召集会议交流、汇总，归纳形成全厂统一的政治工作计划。这种做法虽有分工细等一些好处，但全局性联系性差，往往容易出现两种倾向：1. 由于各部门考虑问题局限性大，难于集中较大精力加强全厂的中心工作，部门工作一忙，中心工作无人问津，必然出现“各吹各的号，各唱各的调”等本位主义或扯皮现象。2. 党委为了加强中心工作，有时不得不四处调兵遣将，成立许多临时领导机构和办公室，因为都是临时体制干部

的思想稳定性和业务联贯性就比较差，又必然出现各种程度的形式主义或分散主义。现代管理科学的大量实践证明，随着社会、国家、企业的发展，许多事物的复杂性越来越显著，解决这些复杂问题的有效途径，就是要用系统信息控制科学的思想和方法，针对事物之间的内在联系，从全局出发，订出最佳方案，实现最优控制，力争最佳的整体效益。政工部门由于工作比较抽象、机动性大，能否订好经济责任制？一直是个老、大、难问题。最近，由于我们按照五性要求权衡取舍，不少难点迎刃而解。我们运用五性的思路和做法是：

1. 整体性。做政治工作和做其他工作一样，整体功能不等于部分功能的总和。整体组合得好，就能"三个臭皮匠，顶个诸葛亮，"整体功能就大于部分功能的总和。过去，政工部门的职责范围互相缺乏有机联系，按照职责做工作，自然容易"各自为政"，很难统一协调行动。现在，我们编制政工部门经济责任制时，首先考虑对全党全国全厂大系统的工作作出统筹安排，向各部门提出做好中心工作的要求，然后再要求各部门围绕中心工作搞好本部门的业务工作。这样，整体效应由于有了各部门的具体保证有所加强，各部门的具体业务工作同时也由于中心工作这一主要矛盾得到解决而能够带动。

2. 目的性。政治工作和其他工作一样，也应该围绕整体要求提出明确目标，才能按照目标去做工作，力求取得最佳效益。以往，不少政治工作的目的不清或目的不正。有的是为学习而学习，为得红旗而打会战，为应付上级检查而发动一项工作。不能有"的"放"矢"，必然徒劳无益。现在我们按照推行经济责任制的要求开展各项政治工作，都要强调在建设精神文明和物质文明上完成一定具体任务，实现一定具体目标，达到一定具体标准，既有总结的目标，又有阶段要求，并以此为

标准进行动员、规划和考核。因此工作能够按照一定目标进行，减少和避免了盲动和形式主义。

3. 关联性。政治工作和全厂的大系统工作，政工部门相互之间，政工业务小系统内的各因素，都有互相依存、互相制约的有机联系。工作必须密切协调，才能互相促进、互相推动。政治工作比较抽象，如何检查、考核？不可能都用数据说明问题。往常，组织群众定期开会评议，容易助长争分，影响团结互助；后来强调建立政工部门工作日记，因为比较麻烦，难以坚持；有的单位定期由领导干部层层负责记分，由于领导干部不可能全面了解每个干部的情况，又难免出现片面性。因此，长期以来缺乏办法。我们编制政工部门经济责任制时，采用一月召开一次汇报会，由上（党委）、中（各部门代表）、下（党总支）三个层次的代表进行“三堂会审”、不记名评分的办法，充分发挥上下左右相互制约、相互促进的作用，解决了这个难题。

4. 预见性。政治工作虽然机动性大，但它是可以预测的。过去，由于未下功夫进行预测就制订年度、季度计划，往往就被许多预想不到的事情冲击，造成计划脱离实际、工作被动，或半途而废。现在，我们按照党、国家、企业和政治工作本身大小系统的发展方向和趋势加强预测，提高了能见度，增强了预见性，而且由于也有意识地对某些工作留有机动余地，所以制订的计划方案比较切合实际，贯彻落实就比较可靠。

5. 可控性。政治工作和其他工作一样，同样是可以调控的。过去，订计划时不考虑如何调控，贯彻计划中不注意加强调控，工作往往放任自流，虎头蛇尾。现在我们的系统最优为目的，以信息为基础，以控制为手段，把政工部门的各项工作都看作系统，看作各个动态发展运动，并把政治工作系统的运

动和厂内外的其他系统运动结合起来。这样，不但对政治工作的可控性认识高了、意识强了，而且增强了调控的领导能力。

制订计划方案的思维流程，如图：

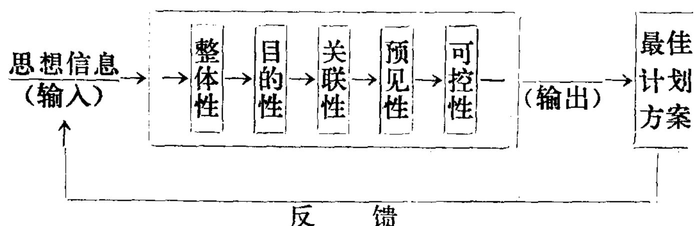


图 25

三、搞好综合治理定量处理问题

订出政治工作的最佳计划方案后，如何认真贯彻落实计划，有效地解决问题，促进精神文明和物质文明两个文明的建设？这对于政治工作的效应如何，不能不是严竣的考验。因此，用什么方法才能保证计划落实，有效地、合理地解决问题，是政治工作程序系列化的核心问题。

当前，我国正处在全面开创社会主义现代化建设新局面的新时期。由于党的任务变了，国内外的客观环境变了，党和国家的政策变了，政治工作的对象和要求变了，企业政治工作要有效地解决问题，从思维到治理方法，都不可避免地要经历一场深刻的变化。这几年的实践证明，企业政治工作面对越来越复杂的情况，单纯的思想教育、组织工作或物质鼓励，收效不大，更不可能持久地解决根本问题；大轰大嗡、不符合实际、不区别对象、不讲究实效的一套形式主义做法，收效更微，甚至是无济于事。我们按照系统、信息、控制科学的方法，从各个大

小系统、大小因素的有机联系和相互结合出发考虑问题、不断创新，把各个单项工作和多项工作的综合治理结合起来，把定性处理问题和定量地分析和处理问题结合起来，比较显著地增强了政治工作的实际效益。

企业的政治工作要不要、能不能实现标准化和定量化？是当前的一个疑难问题。有人说：企业政治工作是党对企业的政治领导，是保证党的路线、方针、政策在企业贯彻执行，如果政治工作也要搞个标准、进行计量打分，岂不是说党的领导和党的路线、方针、政策值多少分值？岂不是降低了党的工作、政治工作的政治意义？其实，这是一种误解。加强党的领导，贯彻党的路线、方针、政策都有大量业务工作。政治业务工作也是应该计量和定量的。有些政治工作所以出现“水过地皮湿”的不深不透现象，就是因为该花大力量而用量不足。有些工作显得重复多余，也是因为用量过多、功能过大，没有必要。标准化、定量化是整体目标的科学要求，也是检验各部门各项工作优劣的科学标尺。政治工作的标准化、定量化是为了科学地分析和考核政治工作，按照更科学的方法工作，克服职责不清、不讲质量、吃大锅饭、平均主义，有利于在政治工部门贯彻按劳分配原则，进一步调动积极性，而决不是对党的领导和党的路线、方针、政策本身的评定。有人说：政治工作是“抽象的概括”，是“精神产品”，怎么能计量、定量、计分？这是不必要的顾虑和耽心。计量、定量是现代化管理中普遍适用的行之有效的科学方法。毛主席也常用百分数来描述大多数干部是好的和比较好的，描述干部是什么程度的马克思主义者。自然，政工部门的工作好坏、政工干部的贡献大小、职工的道德行为规范，也能够实现标准化、定量化的考核和评定。

我厂运用系统信息控制科学，对政治工作实行标准化和定量化的程序，主要采取了三步曲：

第一步，从提口号、订目标、编计划到解决问题，都采用综合治理的总体策略。过去单提政治口号，单编政工计划，单搞政工活动，没有把思想教育、组织手段、加强管理、物质鼓励有机结合起来，整个系统互相脱节，协调不力，不但减弱整体组合效应，而且互相扯皮、分散精力。现在，我们把思想教育、全员培训、组织工作、管理工作、群体活动、精神鼓励和物质鼓励、改善环境、关怀生活，尤其是和领导班子的带头示范作用等各项工作有机结合起来，提高了各项工作的综合效益。如，要抓争做合格党员、团员、干部、青工的基础工作，就把“做合格、争先进、树新风、立新人”结合起来，形成一个统一的协调的系列；要抓整顿企业，就把“教育、整顿、规划、立新功”结合起来，搞成一个总体战，大造声势，狠抓不放，互相配合，互相促进。这样，纲目就能并举，整体效益就比较突出。

第二步，各项综合治理工作都要按照总体目标提出标准化要求，力争达到最佳水平。过去，政治工作不大注意标准化，结构不全，层次不分，要搞好一项工作，平常靠“尽量争取”，年终靠上级下发的控制指标进行评比选树。因此，政治工作很容易被认为是“软”任务，是好是坏无所谓，完不成也无关大局。现在，我们把国家经委、市、局、公司有关一类企业公司项指标和标准，项项分解，层层落实，制订了党委、政工部门和轮班、党支部、团支部、工会、班组、个人、治保委员会和业余消防队等贯彻一类企业标准的五好竞赛和评比标准，实现了政工系统工作内容标准化和评比标准化，促进了各项工作向更高层次发展。

第三步，按照各项标准要求做工作时，也要力求把定性和定量结合起来，定量地分析和处理问题。过去，政治工作一般不大讲究定量、功能、效益。现在我们把政治工作定量化的主要方法是，运用辩证法和运筹学的基本思想，对各项政治工作、多种政治工作问题进行分类排队，确定轻重缓急，根据内因外因条件，提出解决问题措施，在时间上、空间上统筹考虑地位、声势、进度、做法，因事因人因时因部门统筹安排人力、物力和相互关联，环环相扣，结合进行，互相制约，互相促进，尽量克服解决问题一刀切、一个样、一阵风、眉毛胡子一起抓的不切合实际的做法，比较科学地解决问题，取得好的实际效益。我们还正在试图运用数理统计和心理测验的方法加强思想工作、职工需要和选拔人才的定量分析和处理。

由于不断探求政治工作定量化的方法，目前已能对十个方面的工作进行定量考虑和处理：

1. 中心工作要足量。企业每个时期的中心工作，都是企业发展运动中能够影响和带动其他各项工作的主要矛盾。我们总是舍得花大力量抓好中心工作，把其他各项工作串了起来。

2. 关键环节要加量。每年学习和贯彻中央的重要指示精神，中层以上干部是关键。我们举办中层以上干部学习班时，总是多用一些时间、多作几次辅导、多活跃一下思想，首先把我们的思想统一到中央精神上。同时又帮助他们熟悉和掌握较多有说服力的材料，然后依靠他们分头举办学习班培训好骨干。这样学习一般都能深入下去。

3. 长年连续性的工作要掌握流量。我们每年都要狠抓一、两件事，作为贯彻全年工作始终的红线。过去有时一开头轰轰烈烈，后来抓得不紧，成绩往往巩固不住。现在，我们注意了这条红线的连续性，一年内有针对性地狠抓几次信息反馈

和总结提高，并注意使之不被别的工作冲掉，逐步由浅入深、由粗到细、不断发展和提高。这样，这条红线就能细水长流，善始善终。

4. 每个时期的重点工作要适量。工作不但要有连续性，还要有阶段性。忽视连续性，朝令夕改，头绪太多，难以遵循；忽视阶段性，工作也会一般化。我们在坚持连续性的同时注意每个时期突出一些重点，适当安排时间、力量，交叉进行，协调发展。工作就象波浪一样一浪比一浪高。

5. 多项工作结合进行时要注意配量。党委每开展一项重要工作，总要和行政商量好统一安排时间和力量。一开始，需要发动群众进行学习，政工部门可多占些业余时间，到后期，需要多搞一些建制，行政也可多用一些业余时间。这样，工作比较协调，双方也都满意。

6. 典型教育要大量。榜样的力量是无穷的。只有大张旗鼓狠抓正反两方面的典型教育，职工才能看得见、摸得着，受教育深。

7. 需要量大而又一时难以容纳的工作，要从长着眼进行分量。如，当前需要对职工大力进行马列主义根本原理、四项基本原则和世界观方法论的基础教育，但又不可能把职工抽出来脱产轮训。我们就把基础教育寓于各项教育之中。不论是形势教育、路线教育或现实方针政策教育，都有意识、有重点地加进一些基础教育内容。这样不但能使各种具体教育有了一定深度，而且经过几年的长期教育，也能完成基础教育的繁重任务。

8. 对于反复曲折性大的问题要重复投量。人的认识和任何事物的发展一样，不可能没有曲折。所以政治工作要就反复地抓、重复投量，使认识克服各种阻力向前发展，在新的基础上实现质的飞跃。

9． 一般性的节假日活动和送往迎来活动要限量。

10．容易从一个极端到另一个极端的工作要均量。少说过头话，注意一个倾向掩盖另一个倾向。

落实计划、解决问题的流程，如图：

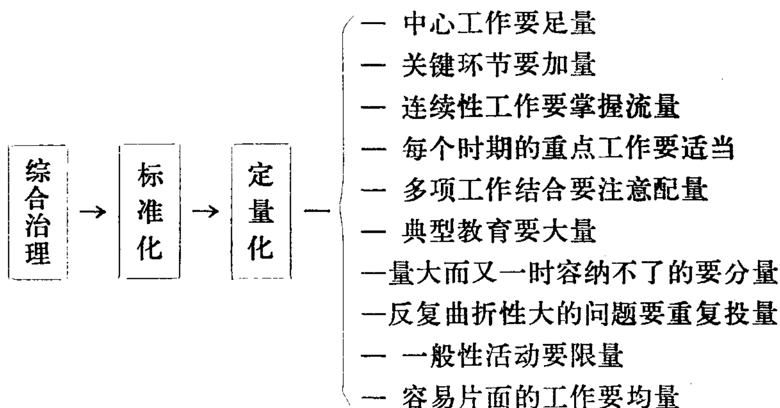


图 26

四、加强循环调控掌握运动规律

企业的政治工作和其他任何事物一样，都在对立统一的矛盾中向前发展的，都有自己的循环系统。形成自己的发展规律。解决了一个矛盾，循环前进了，运动发展了，出现了平衡，但随即就出现新的矛盾和不平衡。能不能敏锐地察觉这些变化，自觉加强调控？是能不能掌握政治工作发展规律、从而取得最佳效益的领导艺术。因此，用什么方法才能自觉地加强循环调控，掌握运动规律，是政治工作程序系列化的重要课题。

有的企业政治工作干部习惯于埋头日常工作，就事论事处理问题，不下功夫预测和研究人、物、信息流怎样循环，有什么规律，说：我们的工作又抽象，又机动，那有什么规律？即使有规律，上级一布置新任务，随时就可能打乱，研究和掌握规律是领导的事，我们只要跟上就行了，管它什么循环和规律！这种说法是不对的。不掌握人、物、信息流的循环规律，工作是难以科学化的。

企业政治工作的根本着眼点，是要做好人的工作，充分调动职工的积极性和创造性，为四化多做贡献。因此，企业的政治工作必须重点围绕人的运动循环，增强调控机能，千方百计促进职工生命运动和思维运动的良性循环，掌握运动的发展规律。人的运动包含生命运动和思维运动两个体系。生命运动是思维运动的基础和物质保证，思维运动是上层建筑，对生命运动有能动作用。人是在生命运动和思维运动的辩证发展中生存和成长的，要做好人的工作，就要根据人的运动的不同因素、结构、层次和运动特点、表现、组合状况，采取各种不同的综合治理措施。这就为我们掌握职工的运动规律，提供了科学的思想和具体途径。

怎样才能具体把握职工的运动规律呢？我们的做法是：一方面，针对具体情况，结合运用组织效应学的四条原理，进行引导。

一是有用性原理。我们以多方面信任、尊重、爱护职工。信其有用，尊其所好，爱其所长，因人而异发挥每个职工的积极性。我厂每年都有六、七十个后进职工转化，就是信任、尊重、爱护的结果。布场整理乙班有个青年在厂内外结伙进行盗窃活动，受到劳动教养处分。正当他悲观失望丧失前进信心时，党组织和小组职工向他伸出温暖之手，给他写去一封热情的鼓

励信。他悲喜交集，把信贴在胸口，长时间说不出话来。后来，组织上又派人去劳改队看望他，带去了领导和同志的信任。大家的信任、尊重、爱护，成为他改过自新的动力。回厂后，在大家的信任和帮助下，他下了最大决心痛改前非，积极进步，现在担任了打包组的生产组长，夺回了失去的青春。

二是能动性原理。我们把教育和解决实际问题结合起来，使端正动机、关怀需要、激励行为辩证统一，充分发挥了职工的自觉性和创造性。纺场细纱常日班党支部常常组织党员、骨干对职工进行家访、谈心，一方面联系实际进行教育，一方面帮助做好事，把党的温暖送到职工心坎上，激发了职工的生产热情。有些心情不舒畅的职工就是这样振奋精神、创造出优异生产成绩的。

三是相关性原理。我们组织多种形式的群众性教育、互助、竞赛活动、群策群力，取长补短。增强了全厂和各个单位各个集体的整体效能。

四是调控性原理。我们注意加强思想信息反馈，搞好工作检查考核，及时采取措施表扬先进、帮助后进，认真加强各项工作的协调配合，切实解决实际问题，保证了职工积极劳动、愉快生活。

另一方面，注意加强五个思想出发点，促进职工的思想不断提高：

第一个是立足点。许多老工人由于对党和社会主义制度有正确的认识，遇到其他想不通的问题，比较容易解决。不少青工由于对党和社会主义制度缺乏科学的、牢固的认识，一遇风吹草动思想难以稳定。这说明，加强职工思想的立足点是很重要的。我们采用多种方法对职工、特别是青工，加强了四项基本原则的基础教育，使他们的思想有了可靠的立足点。因此职

工的思想便有了稳固的精神支柱。

第二个是出发点。职工思维活动的结构、层次有很大不同。因此，思维发展的出发点就是因人而异。过去我们把中层干部、轮班党支部书记和工人混合编组办学习班，由于思维的结构、层次、运动形式、要求不同，讨论深入不下去。这说明，必须以职工不同的思维出发点作为起点组织学习，才能从实际出发把职工的思维运动引向深入。我们改变思想教育一刀切的做法，选好出发点因人而异进行教育，各级干部、工人都能从自己的实际出发受到教益。

第三个是集中点。每个时期，许多职工的现实思想往往都会集中到一些大家最关心的问题上，形成思维运动的集中点。如不抓紧解决这些问题，就会阻碍职工的思维运动向前发展。我们从不回避这些矛盾，每个时期总要集中力量解决这些问题，保证了职工的思维运动畅通无阻。

第四个是落脚点。企业促进职工健康的思维运动，主要目的是要培养一支又红又专的职工队伍，为提高企业的经济效益，加速四化而努力。我们总是坚持一手抓精神文明，一手抓物质文明，努力把思想政治工作做到生产全过程中。发动职工千方百计挖掘潜力，增产节约。一九八一年，我厂利润和总产值都是第一次达到北京地区纺织企业的最佳水平。这证明，政治工作促进生产是有成效的。

第五个是着眼点。每个职工都不可能没有远大理想。崇高的理想，明确的奋斗目标，能够鼓舞本职工树雄心，立壮志，向前看，攀高峰。我们经常向职工进行树立共产主义远大理想的教育、方向教育，吸引职工的思维运动健康发展，鼓舞职工着眼未来，胸怀大志，满怀信心，干好本职。

职工的生命运动和思维运动能否健康发展？要靠两种调控

机能：一是职工本人的自我调控作用；二是企业管理、政治工作的调控作用，但如果有强有力的企业管理和政治工作，职工群众要自发地树立无产阶级的世界观、方法论，要自发地发展自己健康的生命运动和思维运动，也不大可能。这就说明，围绕职工的运动脉络，增强企业政治工作的调控机能。有其重要的促进作用。按照系统信息控制科学方法的要求，并总结实践经验教训，要遵循以下六条准则，政治工作的调控机能有切实的效益：

第一、实事求是准则。实事就是国情、厂情和人情。求是就是事事都要按照大小系统的运动要求考虑和处理问题，掌握事物的发展规律。国家的发展，企业的状况，职工的生命和思维运动，千变万化、千差万别。企业的政治工作必须从我国社会主义制度性质、国情和企业、个人的实际出发，因人因时因事因地制宜，“对症下药”，才能协调和促进职工及工作的健康发展。一刀切、一个样的处理问题方法是不行的。

第二、统筹兼顾准则。在社会主义制度下，国家、企业、职工个人三者之间的关系和利益基本是一致的，但又有矛盾。损害了国家和集体利益，往往就要损害职工的根本利益和长远利益。因此，企业政治工作要加强调控，正确处理各种矛盾：既要维护职工的眼前利益，更要教育和组织职工正确对待长远利益，大道理管小道理，局部利益服从全局利益，小系统利益服从大系统利益。漠不关心群众疾苦和本位主义、个人主义都是不对的。

第三、积极引导准则。每个企业的情况不同，上级的工作布置可能完全适合各个企业的具体情况。因此，要做好企业的政治工作，就不能等待、照搬上级每一项指示，必须积极负责、打主动仗，勇于创新，努力探索适合企业特点的政治工作

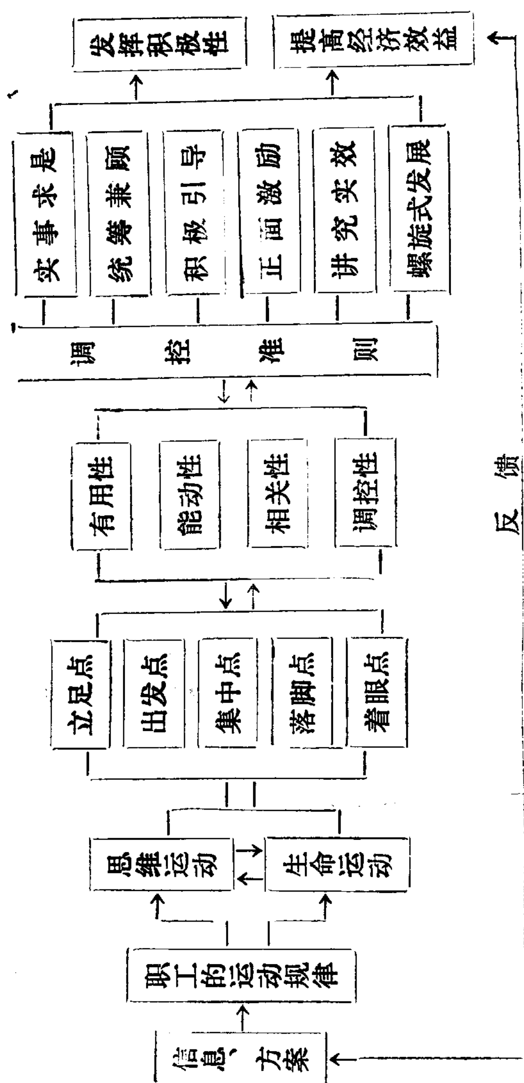
途径，教育和组织职工保证完成各项任务，就不是等到检查工作发现问题或问题成堆了再去解决问题，而应按照工作循环规律进行源流检查和调控，加强预测，抓好苗头、“落叶而知秋”，防患于未然，保证人流、物流和信息流正常循环。推一下动一下的被动状况是很难做好工作的。

第四、正面激励准则。充分发挥职工群众的积极性和创造性，就要使每个职工切实感到自己是力有所用，劳有所得，才有所施，功有所奖。因此，企业的政治工作必须大量地、主要地采用正面激励的办法，才能激发起职工的内在潜力，提高职工的自觉性。批评也是一种教育，但要防止简单的批评、惩罚。要本质地看待职工群众的积极性，不要轻易否定、挫伤职工的积极性。

第五、讲究实效准则。企业的政治工作必须坚持理论联系实际，事事讲究实效。既要算政治账，又要算经济账。既要着眼于教育人、培养人、造就一代新人，又要着眼于千方百计提高经济效益，为四化建设多做贡献。千万不能脱离企业职工的思想实际和工作实际，脱离生产，影响生产，冲击生产，搞“空对空”。

第六、螺旋式发展准则。世界上的万事万物都是螺旋式向前发展的。职工的生命运动、思维运动和企业政治工作程序的循环、往复，也不可能直线发展，免不了会出现曲折。因此，企业的政治工作要正确对待缺点、错误和曲折。工作不可能老是高潮，高潮中有休整有低潮。遇到曲折要冷静对待。要留有余地。要全面看人看事。要反复地抓、抓好反复？并积极创造条件向更高的层次、目标前进。

调控模式如图：



发挥积极性
提高经济效益
实事求是
统筹兼顾
积极引导
正面激励
讲究实效
螺旋式发展
调控准则
有用性
能动性
相关性
调控性
立足点
出发点
集中点
落脚点
着眼点
思维运动
生命运动
职工的运动规律
信息、方案
反馈

附表：

北京系统论、信息论、控制论中的科学方法与哲学问题学术讨论会代表名单及论文一览表

（一）北京代表

姓　名	单　位	论　文
田　川	京棉三厂	用系统科学方法探求企业政治工作程序
陈启华	邮电部数据技术研究室	系统科学方法在 8101 无线电话筒供、产、销系统中的应用
郭国光	哲学研究编辑部	
常绍舜	政法学院	系统范畴的哲学探讨
莫　奎	中国科学技术情报研究所	系、信、控科学统一体的探索
刘元亮	清华大学	译文贝塔朗非《作为物理系统的有机体》
姚慧华	清华大学	
范德清	清华大学	
魏宏森	清华大学	系统论、信息论、控制论研究中的若干科学与哲学问题初探
魏宏森		系统论、信息论、控制论的产生与发展

姓　名	单　　　位	论　　　文
黄玉喜	机械工业部北京研究生部	模糊数学及其若干理论问题
郑志刚	林业部规化研究所	模糊数学在林业调查中的应用
吴旭寰	建筑工程学院	
周家荫	北京市公安局收容所	
姜庆忱	国家物资总局	“三论”在物资计划管理中的应用
张继良	皮革工业学校电大	授课质量分析与评判
沈小峰	北京师范大学	非平衡系统自组织理论在经济系统中的应用
夏　炎	空军总医院	用“三论”搞好医院管理
潘岩铭	北京图书馆	关于建立全国知识信息传播系统
曹文秀	宣武医院	运用系统论的主要原则
闵家胤	中国社会科学院情报所	系统论的哲学分析
周炎光	首都医科大学	调整工作中的组织效应研究
陶祖莱	中国科学院力学研究所	
林中鹏	有色金属研究院	
郭正生	水电部	
周　方	社会科学院工业经济研究所	投入—产出模型在国民经济中的运用

姓　名	单　　位	论　　文
夏绍玮	清华大学自动化系	投入一产出动态模型
秦宗旭	机械工业部政策研究室	283 万台机床如何发挥效益
王述芳	国家经委综合运输研究所	学习“三论”谈谈城市交通运输
王雨田	社会科学院哲学所	信息论、信息科学中的若干方法论问题
周桂茹	北京邮电学院	
顾北平	清华大学	用系统方法合理安排时间
钟义信	北京邮电学院	信息科学研究
陈　见	中国科技情报所	
童天湘	中国社会科学院哲学所	信息、控制、系统
高　林	北方交通大学	人学的基本理论
吴学竞	人民出版社	
王兴成	中国科学院哲学所	系统论与管理科学
姜圣阶	核工业部科学技术委员会	辩证唯物主义与“三论”归一
冠世祺	清华大学	译文贝塔朗非《一般系统论的意义》

（二）外地代表

姓　名	单　　位	论　　文
孔幼真	上海社会科学院哲学所	“三论”目录索引，“三论”哲学问题札编
柳延延	武汉华中学工院	信息概念的分析
苑金龙	南京工学院	信息的特征与其在科学中的应用
唐学正	内蒙古自治区中医研究所	核心理论与系统科学
彭纪南	武汉华中工学院	译文《系统论与一般的历史和展望》
陈建新	武汉华中工学院	试论系统方法中的结构方法
俞正兴	江西华东交通大学	系统规律是唯物辩证法的基本规律
吴曼华	成都电讯工程学院	信息、信息科学与认识论
张卓民	中国社会科学院哲学所	论系统概念
原亚艇	西安交大自然辩证法研究室	
王增喜	福建师大马列主义教研室	
蒋同式	安徽农学院	信息科学与农业科学技术现代化
周怀珍	大连工学院	系统与信息
王海山	大连工学院	略论辩证的系统观

	单　　位	论　　文
刘则渊	大连工学院	略论辩证的系统观
罗庸生	大连工学院	
刘永振	大连工学院	略论系统论的哲学意义
陈依元	福建社会科学院《福建论坛》编辑部	系统论与哲学系统化
青　敏	厦门大学自然辩证法研究室	恩格斯系统思想初探
白战迎	长沙国防科技大学	试论物质系统之间的相互作用与信息关系
马丽杨	贵州省委党校	系统方法在变电所设计中的运用
康荣平	辽宁社会科学院	布哈林的帝国主义论与系统方法
马成立	辽宁社会科学院	试论信息的本质特性
蔡祖宪	上海交通大学	论信息本质及其争论
李鸿斌	上海自然辩证法研究会	
马　骐	西安交通大学自然辩证法教研室	译文：信息论史
黄麟维	西安交通大学自然辩证法教研室	信息研究现状和前景
殷福田	中共大连市委党校	
冯元均	安徽师范大学	控制论与认识论

编　后

这本论文集是由华中工学院、大连工学院、西安交通大学、清华大学四校自然辩证法教研室的同志从会议论文中同共选出来的。具体参加评选的人有彭纪南、柳延延、周怀珍，刘则渊、马骐、黄麟雏、范德清、刘元亮、姚慧华和魏宏森，并得到了中国科协党组书纪田夫同志、清华大学副校长滕藤同志的热情支持。由清华大学魏宏森负责主持与范德清、刘元亮、姚慧华共同进行了编审，得到清华大学出版社大力协助，军事科学院朱松春同志亦帮助审阅了部分稿件，在此对所有热情支持的同志们表示衷心感谢。

编　者

［Ｇｅｎｅｒａｌ Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ］
书名＝系统理论中的科学方法与哲学问题　１９８２年北京系统论、信息论、控制论中的科学方法与哲学问题学术讨论会文集
作者＝
页数＝３２６
ＳＳ号＝１０３４０５７０
出版日期＝１９８４年０１月第１版

前言
目录
序言

附表
编后